Vergleichende Untersuchun... über den Einfluss von Abtrennungen ...

Johann Friedrich Kaiser

Angenommen von der III. Sektion auf Grund der Gutachten der Herren

Pfeffer und Chun.

Leipzig, den 27. November 1906.

Der Procancellar.

Des Coudres.

Inhalt.

I. Einleitung.

Es ist schon seit langer Zeit bekannt, daß Pflanzenorgane auch nach Verwundung und selbst nach vollständiger Abtrennung von ihrer Mutterpflanze noch geotropische Krümmungen ausführen. Diese Krümmungen können nun denen, die die betreffenden Organe in normalem Zustande ausführen, vollständig entsprechen, sie können aber auch einen von dem normalen Verlauf verschiedenen aufweisen. So kann die Krümmung nur unvollständig sein, die Reaktionsgeschwindigkeit kann geringer oder größer sein oder es kann eine der normalen Reaktion gerade entgegengesetzte Reaktion eintreten. Schließlich können auch Organe, die bei einer bestimmten Art der Verwundung noch reagierten, bei einer anderen keine geotropische Krümmung mehr aufweisen.

Die Ursachen abnormer Reaktionen können naturgemäß sehr verschieden sein. Man kann z. B. bei einer Abtrennung die ganze krümmungsfähige Zone entfernt haben, wodurch natürlich eine Krümmung ausgeschlossen wird. Andererseits kann man bei Organen, bei denen perzipierende und krümmungsfähige Zone getrennt sind, erstere abgetrennt oder man kann durch eine Verwundung die den Reiz nach der krümmungsfähigen Zone leitenden Bahnen zerstört haben. In diesem Falle kann eine geotropische Krümmung ebenfalls nicht eintreten.

Tritt bei einem Organ nach Abtrennung oder Verwundung zwar nicht vollständige Aufhebung der Reaktion, aber eine Hemmung ein, sei es nun, daß die Krümmung langsamer oder nicht bis zu demselben Punkte wie bei den normalen Organen durchgeführt wird, so können dieser Erscheinung wiederum

verschiedene Ursachen zugrunde liegen. Zunächst kann der Wundshock einesteils auf die Perzeptionsfähigkeit, anderenteils auf die Krümmungsfähigkeit vorübergehend lähmend einwirken. In solchen Fällen wird das betreffende Organ eine normale Krümmung ausführen, wenn man es nicht sofort nach der Verwundung in die Reizlage versetzt, sondern erst eine gewisse Zeit verstreichen läßt. Weiterhin kann das betreffende Organ eine scharf geschiedene perzipierende und krümmungsfähige Zone besitzen. In diesem Falle kann durch eine Abtrennung ein beträchtliches Stück der perzipierenden Zone entfernt werden und das Organ nur auf den geringen Rest angewiesen sein, der den Reiz nur mangelhaft aufnimmt und infolgedessen auch die krümmungsfähige Zone nur zu einer langsameren oder unvollständigen Reaktion veranlaßt.

Es braucht nun aber die Perzeptionsfähigkeit nicht auf eine bestimmte Zone beschränkt zu sein, sondern es kann auch der krümmungsfähige Teil des Organs ebenfalls reizbar sein, nur aber in geringerem Maße als die bevorzugte perzipierende Zone.[1]) Hier kann nun durch eine Abtrennung oder Verwundung die ganze bevorzugte Perzeptionszone ausgeschalten werden, so daß nur die geringere Reizempfänglichkeit des krümmungsfähigen Teiles noch in Betracht kommt, welche aber nicht hinreicht, diesen eine normale Krümmung ausführen zu lassen.

In allen Fällen, wo nur eine teilweise Hemmung eintritt, kann aber ebensogut eine verminderte Krümmungsfähigkeit die Schuld an der abnormen Reaktion tragen, wie die Beeinträchtigung der Reizbarkeit.

Anders stellen sich die Fälle dar, in denen das verletzte Organ eine prinzipiell von der normalen abweichende oder derselben gerade entgegengesetzte Reaktion ausführt. Es handelt sich hier hauptsächlich darum, daß pflanzliche Organe infolge einer Abtrennung eine geotropische Krümmung, die sie

[1]) **Rothert**, Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1896, Bd. 7, pag. 209.

normal ausführen würden, nicht ausführen, ohne doch krümmungs- und perzeptionsunfähig zu sein, oder aber, daß sie eine Krümmung, die auch bei normalen Organen auftritt, an einem abnormen Zeitpunkt ausführen.[1])

Diese Erscheinungen sind darauf zurückzuführen, daß eine Umstimmung, die unter normalen Verhältnissen an einem bestimmten Zeitpunkt eintreten würde, gar nicht eintritt oder doch an einem abnormen Zeitpunkt. Z. B. richtet sich ein Blütenstiel, der im Jugendzustande durch positiven Geotropismus nach unten gerichtet ist, in einem gewissen Alter zenitwärts, und zwar indem sein positiver Geotropismus eine Umstimmung in negativen erfährt. Unterläßt nun derselbe Blütenstiel nach Entfernung der Blüte diese Aufrichtung, obwohl sich nachweisen läßt, daß er an sich noch geotropisch reagiert, so ist dieses eben nur dadurch zu erklären, daß infolge der Abtrennung der Blüte die sonst eintretende Umstimmung des anfänglichen positiven Geotropismus in negativen nicht erfolgt.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen nun an möglichst verschiedenen Objekten den Einfluß von Abtrennung und Verwundung auf geotropische Krümmungen vergleichend behandeln.

---

[1]) Vöchting, Bewegungen der Blüten und Früchte, 1882, pag. 92.

II. Untersuchungsmethode.

Die Versuche wurden teils im Freien, teils im Laboratorium oder Gewächshaus vorgenommen.

Bei den Versuchen im Freien wurden die betreffenden Pflanzenorgane an ihrer Wurzel belassen und durch Umbiegen in die Reizlage gebracht. Die Befestigung erfolgte meistens durch hölzerne Haken, die mit ihrem unteren Ende in den Boden gedrückt wurden. Handelte es sich um größere Versuchspflanzen, so wurde aus längeren Holzstäben ein geeignetes Gestell gefertigt, an dem die Pflanzen mit Bast in der gewünschten Lage befestigt wurden.

Bei den Versuchen im Laboratorium wurden entweder abgeschnittene Pflanzenteile in feucht gehaltenen großen Zinkkästen in nassen Sand gesteckt oder es wurden ganze Töpfe mit Pflanzen, deren Wurzelsysteme sich dann in Erde befanden, in solche Kästen eingelegt. Letzteres kam hauptsächlich im Winter in Betracht, wo fast ausschließlich mit Keimlingen gearbeitet werden mußte. Diese wurden rechtzeitig, d. h. bevor irgend ein Teil derselben sein Wachstum eingebüßt hatte, auf einen Klinostaten mit horizontaler Scheibe (also vertikaler Achse) gebracht, wodurch dann jede heliotropische Krümmung vermieden wurde. Auf diesem Klinostaten verblieben die Versuchspflanzen bis unmittelbar vor Versuchsbeginn.

Die Versetzung in die geotropische Reizlage erfolgte entweder unmittelbar nach der Verwundung oder Abtrennung oder erst längere Zeit nach derselben. Wo letzteres der Fall war, wurde dies bei jedem einzelnen Versuch erwähnt.

Wo als Maßstab die Stärke der Krümmung benutzt wurde, wurde diese vermittelst auf Karton gezeichneter, der Größe der betreffenden Versuchsobjekte angepaßter Gradbogen festgestellt und in Winkelgraden ausgedrückt. Als Index für die Ablesung diente die Tangente am letzten gekrümmten Teil des zu untersuchenden Organs.

Bei solchen Versuchen, bei denen schwere Teile, z. B. große, noch reichlich mit Reservestoffen gefüllte Cotyledonen oder schwere Blüten abgetrennt wurden, wurde das fehlende Gewicht ersetzt. Als bequemster Ersatz erwiesen sich solenoidartige Drahtspiralen, denn einerseits ließ sich bei diesem Material das gewünschte Gewicht leicht abpassen, andererseits konnte man den Drahtwindungen bequem eine solche Form geben, daß der Schwerpunkt des Systems annähernd in dieselbe Lage kam, in der sich der des entfernten Teiles befunden hatte. Teilweise wurde der Gewichtsersatz auch durch Modellierwachs bewerkstelligt, dem man ebenfalls leicht die gewünschte Form und das nötige Gewicht erteilen konnte. In allen Fällen, in denen Gewichtsersatz vorgenommen wurde, ist dieses besonders bemerkt.

Im allgemeinen wurden die Versuchspflanzen für den Versuch in horizontale Lage gebracht. Nur bei den Versuchen mit Blattstielen und bei einigen Blütenstandachsen wurden die Objekte invers aufgestellt beziehentlich befestigt. Die benutzte geotropische Reizlage ist ebenfalls bei jedem Versuch angegeben.

Die Tabellen zu den Versuchen sind am Schlusse zusammengestellt.

III. Spezieller Teil.

A. Untersuchungen an Wurzeln.

An Wurzeln machte zuerst Darwin[1]) Abtrennungsversuche, um nachzuweisen, daß bei Wurzeln allein das äußerste, etwa 1,5—2 mm lange Ende der Wurzelspitze geotropisch reizbar ist. Seine Versuche ergaben, daß Wurzeln, an denen man die Spitze in einer Länge von 1,5—2 mm entfernt hatte, nicht geotropisch reagierten. Daraus schloß er, daß allein die Wurzelspitze den geotropischen Reiz perzipiere, nicht aber auch die hinter derselben gelegene krümmungsfähige Zone. Ferner fand er, daß, wenn man Wurzeln einige Zeit so in der geotropischen Reizlage (also horizontal) befestigt, daß sie keine Krümmung ausführen können, und erst dann die Wurzelspitze abschneidet, die so behandelten Versuchsobjekte eine geotropische Krümmung ausführen. Diesen Erfolg führt er darauf zurück, daß, als die Wurzelspitze entfernt wurde, der von ihr perzipierte geotropische Reiz bereits bis zum krümmungsfähigen Teil fortgeleitet war, wodurch trotz der nachträglichen Abtrennung des perzipierenden Teiles eine geotropische Krümmung eintritt.

Die vielfach angefochtenen Versuche Darwins wurden von Czapek wiederholt und erweitert. Die Untersuchungen Czapeks[2]) bestätigten diejenigen Darwins. Czapek fand gleichfalls, daß nur die Wurzelspitze in einer Länge von

[1]) Ch. u. F. Darwin, Bewegungsvermögen der Pflanzen, 1881, pag. 466.

[2]) Czapek, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, 1895, Bd. 27, pag. 244 f.

1,5—2 mm geotropisch perzeptionsfähig ist. Wird sie entfernt, so tritt so lange keine geotropische Krümmung ein, als nicht die abgeschnittene Wurzelspitze regeneriert ist, was nach etwa 24 Stunden der Fall sein kann.[1])

Daß der Ausfall einer geotropischen Reaktion nach Abtrennung der Wurzelspitze nicht durch Wundshock veranlaßt wird, bewies Czapek dadurch, daß er die Wurzelspitze überhaupt nicht entfernte, sondern nur in senkrechte Lage brachte, während sich der übrige Teil der Wurzel in horizontaler Lage befand. Er erreichte dies, indem er die Wurzelspitze in kleine, der Größe der letzteren genau entsprechende rechtwinklig gebogene Glaskäppchen wachsen ließ, wodurch bei horizontaler Lage der Wurzel die Wurzelspitze sich in senkrecht nach unten gerichteter, also geotropisch reizfreier Stellung befand. Bei dieser Versuchsanordnung ergaben sich dieselben Resultate wie bei Abtrennung der Wurzelspitze, d. h. es trat keine geotropische Krümmung ein. Damit war auch klar erwiesen, daß nur die Wurzelspitze geotropisch reizbar ist.

Die Untersuchungen bestanden lediglich in einer Wiederholung der Czapekschen Versuche und es sei deshalb auf die zitierte Literatur verwiesen.

B. Untersuchungen an Sprossen.

1. Versuche, bei denen Teile der betreffenden Sprosse abgetrennt wurden.

a) Abtrennung der Sproßspitze.

Versuchspflanzen: Lupinus albus (Tab. 1 und 2).
Phaseolus multiflorus (Tab. 3 und 4).
Ricinus communis (Tab. 5).
Cucurbita Pepo (Tab. 6 und 7).
Vicia faba minor (Tab. 8).

---

[1]) Weitere Literatur siehe Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 1904, II. Teil.

Die Versuchspflanzen waren Keimlinge, die sich während des Versuches in ihren Töpfen und zwar in Erde befanden und mit denselben in einem feucht gehaltenen Zinkkasten horizontal gelegt wurden.

Die Versuche ergaben, daß unverletzte und verletzte Sprosse übereinstimmend geotropisch reagierten.

Wo Unterschiede in den Krümmungswinkeln auftraten, waren dieselben so gering, daß man sie kaum als reale Wirkungen der Verwundung wird auffassen können.

Es zeigte sich bei diesen Versuchen kein Unterschied darin, ob man die Pflanzen sogleich nach der Verletzung in die Reizlage brachte oder ob man dieselben nach der Verwundung erst noch einige Zeit — es handelte sich in der Regel um 20—24 Stunden — in normaler Lage beließ und erst dann wagerecht legte. Bei den Versuchen mit Wurzeln hatte sich ja gezeigt, daß eine derartige Zwischenzeit von Einfluß auf die geotropische Reaktion sein kann und zwar infolge der dann eintretenden Regeneration der allein sensiblen Wurzelspitze. Aber auch bei gewissen anderen Versuchen, wo eine Regeneration abgetrennter Teile nicht in Betracht kommt, hat sich die Einschaltung eines größeren Zeitraumes zwischen Verwundung und Versetzung in die Reizlage als wesentlich für die geotropische Reaktion der betreffenden Pflanzenorgane erwiesen. Jedoch soll dies im einzelnen erst bei den betreffenden Versuchen selbst erörtert werden.

Die Abtrennung der Sproßspitze hat also bei den hier behandelten Objekten keinen oder wenigstens keinen einwandfrei festzustellenden Einfluß auf die geotropische Reaktion der untersuchten Objekte. In den Tabellen kommen zwar in den Mittelwerten der Krümmungswinkel von normalen und verletzten Pflanzen Unterschiede vor, die im Maximum 5° erreichen, dieselben rühren aber nicht von einem gleichmäßigen allgemeinen Zurückbleiben der verletzten Exemplare her, sondern sie sind lediglich auf die besonders geringen, vom Durchschnitt stark abweichenden Krümmungen einzelner Exemplare zurückzuführen.

b) Abtrennung eines Cotyledons.

Versuchspflanzen: Linum usitatissimum (Tab. 9 und 10).
Helianthus annuus (Tab. 11).

Die Versuchsanordnung war die gleiche, wie bei den soeben besprochenen Versuchen.

Bei Linum ist darauf hinzuweisen, daß es bei dem schnellen Wachstum dieser Pflänzchen nicht möglich war, die verletzten Exemplare erst längere Zeit nach der Verwundung in horizontale Lage zu bringen. Die Pflänzchen waren stets schon in wenigen Stunden so lang geworden, daß sie sich in der horizontalen Lage nicht mehr zu halten vermochten und herabsanken, ein Übelstand, der noch dadurch verstärkt wurde, daß die Pflanzen im Dunkeln gezogen wurden. Hätte man die Abtrennung bereits in einem sehr frühen Stadium vornehmen wollen, so wären dann die normalen Pflanzen den verletzten im Wachstum vorausgeeilt und die Vergleichspflanzen wären wegen ihrer bedeutenderen Größe nicht einwandfrei gewesen.

Tabelle 9 zeigt, wie nahe die Krümmungswinkel von normalen und verletzten Exemplaren zusammenfallen. Nach fünfstündiger Versuchsdauer weichen allerdings die Mittelwerte um 19° von einander ab. Dies rührt aber daher, daß das normale Exemplar B sehr stark übergekrümmt, dann aber viel später als die übrigen normalen Exemplare mit der Rückkrümmung begonnen hatte. Dadurch wurde der mittlere Winkelwert der normalen Pflanzen unverhältnismäßig groß.

Die in Tabelle 10 mit * bezeichneten Exemplare waren umgefallen, d. h. der bereits gehobene Sproßteil war nicht in der von ihm ursprünglich eingenommenen senkrechten Ebene verblieben, sondern hatte dieselbe verlassen und war seitlich umgesunken. Die angeführten Winkel wurden nach der Zurückführung in die aufrechte Stellung gemessen, für die Berechnung des Mittelwertes aber außer acht gelassen, da sie doch nicht genügend genau sein konnten. — Die in der letzten Vertikalreihe verzeichneten Winkel fallen bereits in das Stadium verminderter Stabilität und wurden nur angeführt, um zu zeigen,

daß keine weitere Aufrichtung eingetreten war. Dagegen zeigt die erste allein in Betracht kommende Ablesung wieder deutlich den geringen Unterschied der beiderseitigen Winkelwerte.

Bei den Versuchen mit Helianthus, Tabelle 11, wurden die auffallend niedrigen Werte von „G" und „K" bei der Berechnung des Mittelwertes der ersten Reihe nicht berücksichtigt, da sie von den übrigen verletzten Exemplaren zu stark abweichen und bei ihrer geringen Zahl als Abnormitäten betrachtet werden müssen. Im übrigen zeigt die Tabelle wieder, wie gleichmäßig normale und verletzte Pflanzen reagierten.

Somit hatte auch die Abtrennung eines Cotyledons keinen Einfluß auf die geotropische Reaktion der untersuchten Pflanzenorgane.

c) Abtrennung beider Cotyledonen und der Plumula.

Versuchspflanzen: Lupinus coeruleus (Tab. 12).
Linum usitatissimum (Tab. 13, 14, 15).
Helianthus annuus (Tab. 16, 17, 18).
Lupinus albus (Tab. 19, 20, 21).

Der Versuch mit Lupinus coeruleus, Tabelle 12, zeigt die weitgehende Übereinstimmung in den Winkelwerten der normalen und verletzten Exemplare während des Krümmungsvorganges.

Bei Linum zeigt ein Vergleich von Tabelle 13 mit 14 und 15, daß im Anfange des Versuches die verletzten Exemplare gegenüber den normalen merklich zurückbleiben und dieselben erst später einholen. Allerdings kann gerade hier der Wundreiz die Schuld an der Hemmung tragen, der sich bei Linum aus den oben dargelegten Gründen nicht ausschalten ließ. Nach fünfstündiger Versuchsdauer ist übrigens von den verletzten Pflanzen die Stellung der normalen erreicht. Die Hemmung war also nur vorübergehend.

In Tabelle 15 fallen die beiden niedrigen Winkel von 70° bei „E" und 45° bei „F" nach fünfstündiger Versuchsdauer auf. Diese Winkel kamen dadurch zustande, daß diese beiden Exem-

plare nach dem ersten, sehr starken Überkrümmen eine sehr beträchtliche Rückkrümmung ausgeführt hatten, wodurch eine scharf ausgeprägte S-Form veranlaßt wurde. Dieselben hatten also ebenfalls die senkrechte Lage erreicht gehabt, wie die anderen verletzten Exemplare.

Ähnliche Ergebnisse wie die Versuche mit Linum ergaben die mit Helianthus. Auch hier (siehe Tabellen 17 und 18) bleiben die verletzten Pflanzen im Anfang des Versuchs bedeutend hinter den normalen zurück, um sie erst später einzuholen. Und diese Verzögerung tritt ein, obwohl zwischen Verletzen und Umlegen ein Zeitraum von mindestens 20 Stunden verstrichen war, also der erste Wundreiz nicht mehr in Frage kommen konnte. Daß dieser hier überhaupt keine besondere Bedeutung haben kann, zeigt Tabelle 16, wo die verletzten Exemplare in der gleichen Zeit wie bei Tabellen 17 und 18 denselben Stand erreicht haben wie die normalen.

Die Entfernung beider Cotyledonen hat also hier eine tatsächliche Hemmung der geotropischen Reaktion zur Folge.

Bei den Versuchen mit Lupinus albus wurde vergleichsweise das Gewicht der entfernten Cotyledonen (es betrug je 0,8 g für zwei Cotyledonen) durch gleichschwere Modelle aus Modellierwachs ersetzt. Parallelversuche ohne Gewichtsersatz ergaben aber, daß hier das Gewicht der Cotyledonen, obwohl es verhältnismäßig beträchtlich ist, doch für den Verlauf der Reaktion nicht in Betracht kommt.

Die Tabellen 19 und 21 zeigen ganz ähnliche Resultate wie bei Linum und Helianthus. Im Anfang des Versuches bleiben die verletzten Exemplare hinter den normalen zurück. Dazu zeigt aber Tabelle 21, daß die 20—24stündige Zwischenzeit, die zwischen Verletzen und Umlegen eingeschaltet wurde, die Reaktionsfähigkeit ganz bedeutend herabsetzen kann, eine Erscheinung, die wir auch bei späteren Versuchen wiederfinden werden.

Tabelle 20 gibt die Werte eines Versuches, bei dem beide Cotyledonen, aber nicht die Plumula abgetrennt worden war. Hier war keine Hemmung eingetreten.

d) Abtrennung eines Teiles des Hypocotyls.

Versuchspflanzen: Brassica Napus (Tab. 22).
Helianthus annuus (Tab. 23 und 24).
Ricinus communis (Tab. 25).

Die Versuchsobjekte waren Keimlinge, welche an ihrem Wurzelsystem belassen und samt ihren Töpfen in die horizontale Reizlage gebracht wurden.

Bei den Pflänzchen von Brassica, welche ungefähr 6 cm lang waren, wurde ein Viertel des Hypocotyls entfernt. Wie Tabelle 22 zeigt, bleiben die verletzten Exemplare im Anfang des Versuches mit ihrer Krümmung weit hinter den normalen zurück. Die Verzögerung in der Krümmung vermindert sich zwar später, die Pflanzen vermögen aber nicht die Reaktionsgeschwindigkeit der unverletzten zu erreichen. Dies schließt aber nicht aus, daß sie, wenn auch später als die normalen Exemplare, auf dem regelrechten Wege die senkrechte Endstellung erreichen.

Auf Wundshock dürfte in diesem Falle die Hemmung wohl nicht zurückzuführen sein, da dieser sich kaum so lange geltend gemacht hätte. Hingegen liegt die Annahme nahe, daß hier der apicale Teil des Hypocotyls der vorwiegend perzipierende Apparat ist, während dem basalen Teile nur eine beschränkte Reizbarkeit zukommt. Durch Abtrennung des apicalen Teiles wäre dann das Hypocotyl nur noch auf die geringe Reizbarkeit des basalen Teils angewiesen gewesen, welche nicht ausreichte, den krümmungsfähigen Teil eine so schnelle Krümmung ausführen zu lassen, wie die der unverletzten Exemplare.

Bei den Versuchspflanzen von Helianthus wurde ebenfalls der obere Teil, etwa ein Viertel der Länge des Hypocotyls, abgetrennt. Bei dem Versuch von Tabelle 23 wurden die Pflanzen sogleich nach der Abtrennung des Stengelstückes in die horizontale Reizlage gebracht, bei dem von Tabelle 24 erst 23,5 Stunden nach der Abtrennung. Vergleicht man Tabelle 23 und 24, so findet man, daß die Einschaltung einer Pause zwischen Abtrennung und Überführung in die Reizlage (Tabelle 24) durch-

aus kein einwandfreies Mittel ist, um die Wirkungen des Wundreizes auszuschalten. Die Tabellen zeigen, daß bei der Versuchsreihe, bei der die erwähnte Pause in Frage kommt (Tabelle 24), die geköpften Pflanzen nach der gleichen Versuchsdauer mit einer weit schwächeren Krümmung einsetzten als diejenigen decapitierten Exemplare, die unmittelbar nach der Abtrennung in die Reizlage versetzt wurden, bei denen also keine Rücksicht auf den Wundreiz genommen wurde. Sie erreichen auch die senkrechte Endstellung nicht, welche die verletzten Exemplare von Tabelle 23 am Schlusse einnehmen. Daß die äußeren Verhältnisse bei dem zweiten Versuche nicht ungünstiger waren als bei dem ersten, ergibt ein Vergleich der normalen Exemplare beider Versuchsreihen. Dieselben haben in beiden Fällen in gleichen Zeiten gleiche Wege zurückgelegt. In beiden Versuchen war die Größe der Pflanzen dieselbe. Ferner erstreckte sich bei den normalen Pflanzen beider Versuchsreihen die Krümmung bis nahe an die Basis des Hypocotyls. Die starke Hemmung in der Krümmung der verletzten Exemplare von Tabelle 24 kann daher nicht auf die Entfernung der krümmungsfähigen Zone zurückzuführen sein, da diese noch vorhanden war. Andererseits kann aber auch die Reizbarkeit nicht so stark beeinträchtigt gewesen sein, da sonst die ganz gleichartigen und gleich behandelten Exemplare von Tabelle 23 eine ebenso starke Hemmung aufweisen mußten. Dagegen liegt es nahe, einen Mangel an Energie als Grund für die unvollständige Krümmung anzunehmen. Die Pflanzen befanden sich in einem Stadium, in dem sie noch einen großen Teil ihrer Nahrung aus den Reservestoffen der Cotyledonen bezogen, deren sie nun verlustig gingen. Denselben Verlust erlitten zwar auch die geköpften beziehentlich der Cotyledonen beraubten Exemplare der Tabellen 23 und 16, trotzdem waren diese in einer günstigeren Lage, da sie zu einer Zeit in die Reizlage versetzt und zu einer Krümmung veranlaßt wurden, wo die im Hypocotyl selbst befindlichen Reservestoffe ihnen noch eine ausreichende Energiequelle boten. Dagegen konnten die Nährstoffe bei den Exemplaren der Tabelle 24 in den 23,5 Stunden,

während deren sie sich noch in vertikaler Stellung befanden, aufgezehrt worden sein.

Gegen diese Annahme sprechen ja allerdings die Winkelwerte von Tabelle 17 und 18. Hier brachten es die der Cotyledonen beraubten Exemplare trotz der Pause zwischen Verwundung und Horizontallegung bis zur senkrechten Endstellung. Es könnten aber trotzdem infolge irgendwelcher ungünstigen Verhältnisse die Hypocotyle der Objekte von Tabelle 24 nur wenig mit Nahrungsstoffen gefüllt und diese sehr schnell erschöpft gewesen sein. Es kann dies aber nur eine Vermutung über den Grund dieser unvollständigen Reaktion sein.

Die Pflanzen von Ricinus (Tabelle 25) standen ebenfalls noch mit ihren Wurzelsystemen, die sich in Töpfen befanden, in Verbindung und wurden sogleich nach der Abtrennung des apicalen Teiles des Hypocotyls in einer Länge von etwa $^1/_4$ desselben, horizontal gelegt. Die Krümmungswinkel weichen während des ganzen Versuches nur wenig von einander ab, so daß von einer tatsächlichen Wirkung der Abtrennung kaum die Rede sein kann.

e) Abtrennung eines Teiles des Epicotyls.

Versuchspflanzen: Phaseolus multiflorus (Tab. 26 und 27).
Vicia faba major (Tab 28).

Die Versuchspflanzen befanden sich in Töpfen, also in Zusammenhang mit dem Wurzelsystem. Die Länge betrug bei beiden Objekten etwa 12 cm. Bei Phaseolus schritt die Krümmung an den normalen Exemplaren noch fast bis zur Basis des Epicotyls fort, dagegen bei Vicia nur wenig über die Mitte desselben hinaus.

Tabelle 26 zeigt, daß bei Abtrennung der Hälfte des Epicotyls bei Phaseolus nur noch eine ganz geringe geotropische Reaktion eintritt. Dagegen weist Tabelle 27 unter den verletzten Exemplaren von Phaseolus große Unterschiede auf. Hier war nur ein Viertel des Epicotyls entfernt worden. Die beiden geköpften Exemplare „C“ und „F“ erreichen bis zum

Schlusse des Versuches nur eine Aufrichtung von etwa 45°. „D“ und „E“ aber weisen eine ebenso geringe geotropische Krümmung auf, wie die verletzten Exemplare des vorigen Versuches. Wie schon bemerkt, erstreckte sich bei den normalen Exemplaren von Phaseolus die krümmungsfähige Zone bis fast zur Basis des Epicotyls. Dieselbe kann also selbst durch die Abtrennung der apicalen Hälfte des letzteren kaum so stark beeinflußt worden sein, daß sie zur Ausführung einer Krümmung unfähig geworden wäre.

Noch unwahrscheinlicher ist dies aber bei dem zweiten Versuch, wo nur ein Viertel des Epicotyls abgetrennt wurde. Näher liegt die Annahme, daß der basale Teil des Epicotyls zwar nicht ganz unempfindlich für die Schwerkraft ist, aber doch nur eine sehr geringe Perzeptionsfähigkeit für dieselbe besitzt, während der apicale Teil hauptsächlich geotropisch sensibel ist.[1]) Dieser apicale Teil des Epicotyls kann aber durch die Abtrennung vollständig verloren gegangen sein, wenigstens bei dem ersten Versuch (Tabelle 26), bei dem die ganze obere Hälfte des Sprosses entfernt wurde. Dagegen mag zwischen drittem und viertem Viertel (von der Basis des Hypocotyls aus gerechnet) ungefähr die Grenze zwischen der Zone bevorzugter und geringer Perzeptionsfähigkeit liegen, wodurch auch die Schwankungen in den Winkelwerten der verletzten Exemplare der zweiten Versuchsreihe (Tabelle 27) erklärlich würden. Es könnte hier bei den Exemplaren mit starker Krümmung noch ein Rest der perzeptionsfähigeren Zone erhalten geblieben sein, während die Exemplare mit schwacher Krümmung dieselbe ganz verloren haben.

Bei den Pflanzen von Vicia, welche, wie schon erwähnt, eine Länge von etwa 12 cm besaßen, wurde nur ein Viertel des Epicotyls abgetrennt, da sich bei Pflanzen in dieser Größe die krümmungsfähige Zone basalwärts nur wenig über die Mitte des Epicotyls hinaus erstreckte, wie der Versuch mit normalen Pflanzen ergab. Gleichwohl kann die starke und dauernde

[1]) Rothert, Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1896, Bd. 7, pag. 209.

Beeinträchtigung der Reaktionsfähigkeit, welche Tabelle 28 zeigt, darauf zurückzuführen sein, daß hier bei noch vorhandener Perzeptionsfähigkeit die Aktionsfähigkeit gelitten hatte.

f) Abtrennung der Plumula und der beiden jüngsten Blätter.

Versuchspflanzen: Vicia faba major (Tab. 29).
Vicia faba minor (Tab. 30 und 31).
Phaseolus multiflorus (Tab. 32).

Der Versuch mit Vicia faba major (Tabelle 29) zeigt nur, wie nahe die Endwinkel bei der geotropischen Krümmung zusammenliegen, da erst verhältnismäßig spät nach dem Versuchsbeginn Ablesungen gemacht wurden. Auf den Verlauf des Krümmungsvorganges wird man aber mit großer Wahrscheinlichkeit nach den Resultaten bei Vicia faba minor schließen können, wo schon kurze Zeit nach dem Versuchsbeginn Ablesungen gemacht wurden.

Zu dem ersten Versuch mit Vicia faba minor (Tabelle 30) wurden Pflanzen von etwa 8 cm Höhe benutzt. Im Anfange bleiben die geköpften Exemplare stark zurück, sie kommen aber im weiteren Verlaufe des Versuches den normalen Pflanzen nach. Berücksichtigt man die auffallend niedrigen Werte von „G“, „K“ und „L“, so ergibt sich als Mittelwert im Endstadium ein Winkel von 82°. Schaltet man sie dagegen aus, so steigt der Winkel auf 87°. In Anbetracht dessen, daß es sich nur um 3 von 10 Pflanzen handelt, dürfte deren Vernachlässigung wohl gerechtfertigt sein, da ihre mangelhafte geotropische Reaktion sicher auf äußere Einflüsse zurückzuführen ist.

Für den zweiten Versuch (Tabelle 31) kamen Pflanzen von etwa 13 cm Höhe zur Verwendung. Obwohl nun die Pflanzen beider Versuchsreihen vollständig gleichmäßig behandelt worden waren, zeigte sich doch, daß die größeren Pflanzen in demselben Zeitraum einen weit größeren Weg zurückgelegt hatten als die kleineren. Das Verhältnis der Mittelwerte der größeren zu den kleineren Pflanzen im Anfangs-

stadium ist 3 : 2. Dabei ist der abweichend hohe Winkel von Pflanze „K“ der zweiten Versuchsreihe noch unberücksichtigt geblieben. Die großen Pflanzen müssen also durch den Eingriff weniger geschädigt worden sein oder infolge ihres größeren Alters reaktionsfähiger gewesen sein. — Wie Tabelle 31 zeigt, war auch hier die Hemmung nur vorübergehend.

Der Versuch mit Phaseolus multiflorus (Tabelle 32) ergab auch im Endstadium ein starkes Zurückbleiben, teilweise sogar einen Rückgang bei den geköpften Exemplaren. Dieser Rückgang erstreckte sich auf die ganze gekrümmte Zone.

2. Versuche, bei denen die betreffenden Sprosse verwundet wurden.

Die Zahl der möglichen Verwundungen durch Einschnitte in den Sproß wurde durch mancherlei Schwierigkeiten stark beschränkt. Die Versuchsobjekte wurden nämlich durch stärkere Verwundungen deshalb unbrauchbar, weil ihre Tragfestigkeit zu sehr litt. Bei einigermaßen tiefen Quereinschnitten knickten die Sprosse ein und bei durchgehender Längsspaltung auf längere Strecken klappten die beiden Hälften auseinander, wodurch ebenfalls die Tragfähigkeit sehr reduziert wurde. Bandagierung hätte Schwierigkeiten gemacht, da ja die Pflanzen durch dieselbe nicht in ihrer Krümmungstätigkeit hätten gehindert werden dürfen.

Die Sprosse konnten deshalb nur wenig tief quer eingeschnitten und nur auf kurze Strecken längsgespalten werden.

a) Verwundungen durch Längsspaltungen.

Versuchspflanzen: Lupinus albus (Tab. 33).
Helianthus annuus (Tab. 34).
Linum usitatissimum (Tab. 35).

Die Sprosse von Lupinus albus wurden dicht unter den Cotyledonen auf etwa 10 mm längsgespalten, wobei aber die Sproßspitze unverletzt blieb. Tabelle 33 zeigt, daß normale und verletzte Pflanzen genau gleich reagierten.

Bei Helianthus annuus wurde ebenfalls das Hypocotyl und zwar auf eine Strecke von 5 mm gespalten, ohne die Sproßspitze zu verletzen, die Pflanzen aber erst 21 Stunden später wagerecht gelegt. Tabelle 34 zeigt wiederum die übereinstimmenden Krümmungswinkel der normalen und der verletzten Pflanzen, auch im Anfang des Versuchs. Daneben wurden mehrere Exemplare erst unmittelbar vor dem Umlegen verletzt, diese zeigten nach 2 Stunden, wo die am Tage vorher verwundeten Pflanzen durchschnittlich Krümmungswinkel von 80° aufwiesen, erst solche von 35—40°, kamen aber jenen innerhalb 24 Stunden nach. Sie standen also nur unter dem Einfluß des Wundshocks, der aber auch nur kurze Zeit nachhielt.

Die Hypocotyle von Linum usitatissimum wurden wegen ihrer Zartheit nur längs geritzt. Tabelle 35 zeigt ein Zurückbleiben der Verletzten gegenüber den Normalen im Anfange des Versuchs. Am Schlusse desselben haben aber auch sie auf dem normalen Wege (über- und zurückkrümmen) die senkrechte Stellung erreicht, unterscheiden sich also nur durch etwas langsamere Reaktion von den normalen Pflanzen. Hätte man zwischen Verletzen und Umlegen eine Pause einschalten können, so würden wohl auch sie gleich schnell wie die Vergleichsexemplare reagiert haben.

Erwähnt sei noch, daß an Sprossen von Rubia tinctorum die Internodien ihrer ganzen Länge nach gespalten wurden, so daß die Knoten intakt blieben. Dabei stellte sich bei fast allen Exemplaren das obenerwähnte Auseinanderklappen der beiden Internodienhälften ein, welches die Sprosse umknicken ließ. Die wenigen Pflanzen aber, bei denen dies nicht der Fall war, zeigten sämtlich die gleichen Krümmungswinkel, wie die normalen Pflanzen und zwar in allen Stadien des Versuchs.

b) Verwundung durch Quereinschnitte.

Versuchspflanze: Lupinus albus (Tab. 36).

Die Hypocotyle von Lupinus albus wurden dicht unter den Cotyledonen reichlich bis zur Mitte quer eingeschnitten.

Tabelle 36 zeigt, daß bei normalen und verletzten Exemplaren die Krümmung gleich schnell verlief. Bloße Verwundungen ohne Abtrennungen scheinen demnach die geotropische Reaktion der betreffenden Sprosse nicht wesentlich zu beeinflussen, wenigstens, wenn es möglich ist, den Wundreiz vorübergehen zu lassen. Sie haben also weniger Einfluß auf die geotropische Reaktion der betreffenden Pflanzenorgane als die Abtrennung der Plumula nebst Cotyledonen oder der Cotyledonen allein, welche vorübergehende, teilweise sogar dauernde Hemmung verursachen konnte.

3. Vergleich von bewurzelten Sprossen mit solchen, die von dem Wurzelsysteme abgetrennt sind.

Die benutzten Pflanzen wurden für diese Versuche wesentlich länger gezogen als sonst und zwar bis zu einer Größe von 18—20 cm. Die von den Wurzeln abgeschnittenen Sprosse wurden im Zinkblechkasten wagerecht in feuchten Sand gesteckt. Die bewurzelten Vergleichsexemplare wurden in demselben Kasten in wagerechte Lage gebracht und soweit in Sand eingebettet, daß von den Sprossen nur gerade so viel hervorragte wie bei den wurzellosen Exemplaren. Sie blieben dabei in ihren Töpfen, das Wurzelsystem also in Erde.

Versuchspflanzen: Helianthus annuus (Tab. 37).
Ricinus communis (Tab. 38).

Die abgeschnittenen Sprosse wurden zunächst senkrecht in einen Topf mit feuchtem Sand gesteckt und dann gleich den normalen Pflanzen noch 24 Stunden auf dem Klinostaten in normaler Vertikallage belassen. Nach Ablauf dieser Zeit wurden alle Exemplare in wagerechte Lage gebracht.

Tabelle 37 weist sowohl bei den normalen als auch bei den abgeschnittenen Sprossen starke Abweichungen von den übrigen gleich behandelten Pflanzen auf. Sie sind wahrscheinlich auf unkontrollierbare äußere Einflüsse zurückzuführen. Abgesehen von diesen Ausnahmen haben sich die normalen Exemplare ziemlich weit aufgerichtet, während die abgeschnittenen Sprosse keine Krümmung aufweisen.

Die Sprosse von Ricinus wurden sogleich nach der Abtrennung vom Wurzelsystem in wagerechte Lage gebracht, desgleichen die bewurzelten Vergleichsexemplare, welche wie diejenigen von Helianthus behandelt worden waren. Wie Tabelle 38 zeigt, bleiben hier die wurzellosen Sprosse im Anfange des Versuchs stark hinter den bewurzelten zurück, holen sie aber bereits nach achtstündiger Versuchsdauer ein. Sie erleiden also nur eine vorübergehende Hemmung, die man hier wohl mit Sicherheit auf den Wundshock zurückführen kann, da ja von den für die geotropische Krümmung wesentlichen Teilen nichts entfernt worden ist.

Dagegen ist nun bei Helianthus eine totale Hemmung eingetreten. Auch hier ist weder der krümmungsfähige noch der Spitzenteil verloren gegangen. Ein Grund, anzunehmen, die Sensibilität sei verloren gegangen, liegt nicht vor, sonst hätte dies wohl bei Ricinus auch eintreten sollen, wo sie ja aber hinreicht, um die Sprosse zu einer ausreichenden Krümmung zu veranlassen. Es scheint daher, daß die Helianthussprosse aktionsunfähig geworden sind infolge der Verwundung und zwar erst allmählich in der Pause zwischen der Abtrennung vom Wurzelsystem und der Horizontallegung.

4. Versuche mit im Freien gewachsenen Sprossen, die abgeschnitten und in feuchten Sand gesteckt wurden.

Versuchspflanzen: Equisetum limosum (Tab. 39).
Gratiola officinalis (Tab. 40).
Impatiens balsaminea (Tab. 41).
Cuphea viscosissima (Tab. 42).
Euphorbia palustris (Tab. 43).
Stachys recta (Tab. 44).
Rubia tinctorum (Tab. 45).
Physostega virginiana (Tab. 46).

Daß isolierte Sprosse und Stengelstücke noch geotropisch reagieren, ist schon länger bekannt. Die vorliegenden Ver-

suche sind deshalb nur Wiederholungen und Ergänzungen bekannter Experimente.

Die Versuchsobjekte wurden im Freien abgeschnitten und gleich darauf im Zinkkasten in horizontaler Lage in feuchten Sand gesteckt, nachdem vorher an einem Teil derselben die Sproßspitze abgetrennt worden war.

Die Tabellen (39—46) zeigen, daß in den angewandten Ablesungszeiten eine Hemmung nicht stattgefunden hat. Allerdings wird man nach Analogie eines im Anschluß hieran zu erwähnenden Versuches annehmen müssen, daß die geköpften Sprosse gegenüber den normalen im Anfange des Versuches doch etwas zurückgeblieben sein werden. Es wurde nämlich unter Einhaltung kürzerer Ablesungszeiten ein Versuch mit Galium boreale angestellt, bei dem die Sprosse nicht abgeschnitten, sondern im Freien an ihren Wurzeln wagerecht gelegt wurden. Abgetrennt wurde ebenfalls die Sproßspitze. Die geköpften Sprosse blieben hier im Anfange des Versuches um etwa $^2/_3$ des Weges zurück, kamen aber später nach und krümmten normal über und zurück.

An den Knoten von Tradescantia hat Miehe[1]) eingehende Versuche über die korrelativen Beziehungen der einzelnen Knoten und Zwischenknotenstücken gemacht. Näheres ist aus der zitierten Literatur ersichtlich.

Ferner wurden von mir noch einige Versuche mit Tinantia fugax gemacht. Die Versuchsanordnung sowie die Ergebnisse veranschaulichen am besten schematische Zeichnungen der betreffenden Objekte.

1. Versuchsreihe (dazu Tafel I): Die Sprosse besaßen keine Wurzeln.

Die Zeichnungen zeigen, daß die normalen Exemplare sich nach ungefähr 23 Stunden voll aufgerichtet hatten. In derselben Zeit hatten die geköpften Sprosse einen Höchstwinkelwert von 40—55° erreicht, über den sie auch später nicht hinauskamen.

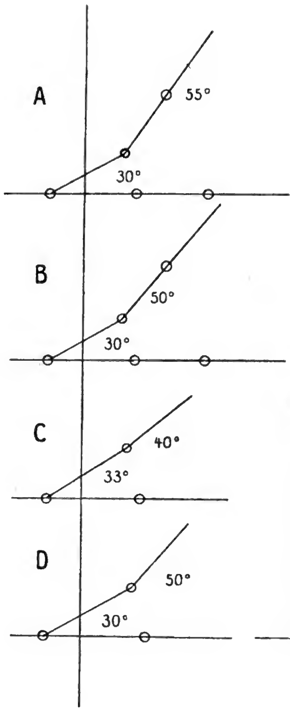
---

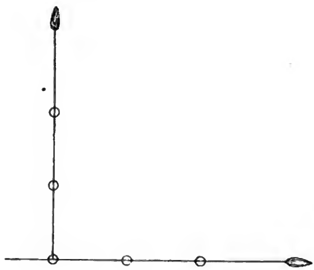
[1]) **Miehe, Jahrbücher f. wissenschaftl. Bot. 1902, Bd. 37, pag. 537—543.**

Tafel I.

Tinantia fugax.

Stand nach 23 Stunden.





Normales Exemplar.

Dabei war es gleichgültig, ob zwei ganz unverletzte Internodien vorhanden waren oder nur eines. Die Sprosse mit nur einem unverletzten Internodium erreichten dieselbe Krümmung wie die mit zweien. Besonders aber zeigt sich, daß auch Internodien ohne oberen Knoten noch gehoben werden, wenn auch nicht über 25—30°.

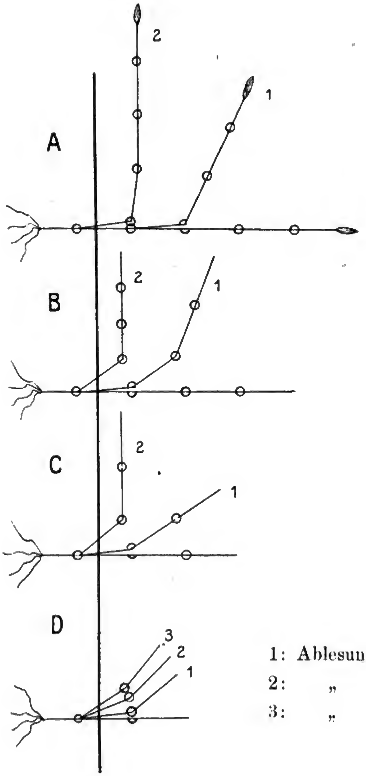
2. Versuchsreihe (dazu Tafel II): Die Sprosse wurden mit Wurzeln in feuchten Sand gesteckt.

Nach fünfstündiger Versuchsdauer zeigt sich zwischen dem normalen Sproß „A“ und dem Sproß „B“, der nur noch die vier ältesten Knoten besitzt, kein merklicher Unterschied. Dagegen sind die Sprosse mit nur 3 und 2 Knoten schon wesentlich zurückgeblieben. Sie haben z. T. nur den halben Weg zurückgelegt. Nach 23 Stunden sind „A“, „B“ und „C“ in der senkrechten Stellung angelangt. „D“ steht auf 40° und erreicht auch während des weiteren Verlaufs des Versuches nur 65°.

Bei beiden Versuchen zeigt sich, wie weit der jüngste noch vorhandene Knoten im Notfall noch für die Krümmung in Tätigkeit treten kann. Und zwar sind hierfür die Exemplare mit nur 2 Knoten, d. h. mit nur einem unverletzten Internodium bezeichnend. Bei den übrigen Sprossen tritt dieser jüngste Knoten gar nicht in Tätigkeit und zwar wohl deshalb, weil er durch kräftige Reaktion der älteren Knoten sehr bald aus der Reizlage herausrückt und in senkrechte Stellung gebracht wird. Er kommt eben nur dann dazu, eine wesentliche Krümmung auszuführen, wenn der älteste Knoten nicht mehr in der Lage ist, die Aufrichtung weit und schnell genug durchzuführen, um ersteren aus der Reizlage zu bringen, was in vielen Fällen eintreten muß, da derselbe eben infolge seines Alters ein geringeres Wachstum aufweist. Bei „B“ und „C“ befinden sich zwischen ältesten und jüngsten Knoten noch 2 oder 1 Knoten, welche die unzureichende Krümmung des ältesten soweit ergänzen, daß der jüngste ohne eigene Tätigkeit in die Senkrechte gelangt und infolgedessen keine eigene Krümmung mehr zeigt.

Tafel II.

Tinantia fugax.



1: Ablesung nach 5 Stunden.
2: „ „ 23 „
3: „ „ 29 „

C. Untersuchungen an Blattstielen.

Untersuchungen an Blattstielen hat in größerem Umfange De Vries[1]) gemacht und zwar gelegentlich seiner Arbeiten über die Richtung bilateralsymmetrischer Pflanzenteile. Er stellte fest, daß Blattstiele und Blattrippen negativ geotropisch sind, ferner, daß deren morphologische Oberseite ein stärkeres Wachstum aufweist als die Unterseite, weshalb Blattrippen, die man vom Mesophyll befreit, sich so krümmen, daß die morphologische Oberseite konvex wird. Die Versuche wurden von De Vries mit isolierten Blattstielen gemacht.

Die Versuche mit Blattstielen konnten nur auf sehr wenige Versuchspflanzen ausgedehnt werden, denn, um unzweifelhafte Unterschiede in der Reaktion normaler und verletzter Stiele zu bekommen, mußte man sich auf solche Objekte beschränken, die sich scharf in ihre typische Winkellage zur Schwerkraftrichtung einstellen. Eine weitere Einschränkung gebot der Umstand, daß Blattstiele, deren Lamina verletzt oder teilweise oder ganz abgetrennt ist, große Neigung zum Abfallen zeigen. Bei jedem Versuch wurden 8—10 Exemplare der gleichen Behandlung unterzogen.

1. Versuche, bei denen Teile des Blattes abgetrennt wurden.

a) Abtrennung der ganzen Lamina.

Versuchspflanzen: Phaseolus multiflorus (Tab. 47).
Sagittaria sagittifolia (Tab. 48).
Cucurbita Pepo.
Iresine Lindii.

Bei Phaseolus wurden die beiden opponierten ersten Blätter benutzt. Die Horizontallegung erfolgte 25 Stunden nach Entfernung der Lamina. Die Versuchspflanzen waren hierbei so orientiert, daß die von den zu untersuchenden Blattstielen gebildete Ebene horizontal lag.

---

[1]) De Vries, Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg, Bd. I, pag. 251.

Die Stiele ohne Blätter legten anfangs nur einen geringen Weg zurück, der sich auch später nur wenig vergrößerte. Dagegen stellten sich die normalen Stiele fast vollständig wieder in eine senkrechte Ebene ein.

Die Stiele von Sagittaria wurden sofort nach Abtrennung der Lamina wagerecht in feuchten Sand gesteckt. Tabelle 48 zeigt, daß Stiele mit und ohne Lamina in der gleichen Zeit dieselben Krümmungen ausführten. Auch bei den der Lamina beraubten Exemplaren hatte das sonst der Lamina zugekehrte Stielende genau die Krümmung angenommen, die nötig gewesen wäre, um die Lamina in ihre normale Lage (etwa 10° geneigt zum Lote) zu bringen.

Die Cucurbita-Pflanzen wurden 24 Stunden nach Abtrennung der Lamina im feuchten Kasten umgelegt. Die Orientierung war die gleiche wie bei Phaseolus. Die blattlosen Stiele reagierten zwar gleich schnell wie die normalen, erreichten aber nicht ganz deren Endstellung.

Die Iresine-Stöcke wurden samt ihren Töpfen sogleich nach der Abtrennung der Lamina invers aufgestellt. Während nun die normalen Stiele ihre Blattflächen nach längstens 24 Stunden in ihre alte Stellung zurückgeführt hatten, reagierten die blattlosen Stiele nicht mehr, auch während längerer Versuchsdauer.

b) Abtrennung eines Teiles der Lamina.

Versuchspflanzen: Phaseolus multiflorus.
Iresine Lindii.
Achyranthes Verschaffeltii.
Coleus hybridus hortensis.

Bei Phaseolus wurde die nach der Spitze zu gelegene Hälfte der Lamina abgeschnitten. 24 Stunden später wurden alle Pflanzen horizontal gelegt und zwar so, daß die von den Blattstielen bestimmte Ebene wagerecht lag. Nach weiteren 23 Stunden waren alle Stiele, unverletzte wie verletzte, durch die Tätigkeit des am Stengel befindlichen Gelenkes in ihre normale Lage zurückgekehrt.

Bei Iresine wurde gleichfalls die Hälfte der Lamina in der Weise wie bei Phaseolus abgetrennt. Die Objekte wurden aber sogleich nach der Verwundung invers aufgestellt. Die Stiele, deren Lamina zur Hälfte entfernt war, krümmten etwas langsamer als die normalen und auch nicht ganz so weit wie diese.

Von den Blättern von Achyranthes wurde eine Längshälfte so abgeschnitten, daß die Mittelrippe unverletzt blieb. Die Aufstellung erfolgte invers. Am Schlusse des Versuches hatten die verletzten Exemplare nicht ganz die Stellung der normalen erreicht. Letztere hatten ihre alte Winkelstellung zum Stengel wieder eingenommen. Eine Torsion hatte nicht stattgefunden.

Bei einem zweiten Versuche mit Achyranthes wurde eine Längshälfte der Lamina ohne Verletzung der Mittelrippe entfernt und ferner wurden die Seitenrippen der andern Hälfte dicht an der Mittelrippe durchschnitten. Die in dieser Weise behandelten Stiele krümmten auch nach längerer Zeit, als die unverletzten sich schon lange wieder normal eingestellt hatten, nicht. Die Aufstellung war invers und sogleich nach der Verwundung erfolgt.

Schließlich wurde bei Achyranthes mit der einen Längshälfte der Lamina auch noch die Hälfte der Mittelrippe entfernt. Die Objekte wurden dann sofort invers aufgestellt. Die verletzten Exemplare blieben um die Hälfte des Weges hinter den normalen zurück.

Bei Coleus wurde beim ersten Versuche mit der einen Längshälfte der Lamina zugleich auch die Mittelrippe entfernt, aber nur so weit, daß am Blattgrunde ein Stumpf derselben übrig blieb, welcher die noch vorhandene Hälfte der Lamina noch durch zwei starke Seitenrippen mit dem Stiele in Verbindung hielt. Sodann wurden die Pflanzen invers aufgestellt. Die verletzten Stiele blieben nur sehr wenig hinter den unverletzten zurück.

Ferner wurden bei Coleus die zwischen Haupt- und Seitenrippen befindlichen Laminafelder, d. h. das Mesophyll, so ausgeschnitten, daß nur das Gerüst der starken Rippen stehen blieb. Die Aufstellung war invers. Während die normalen

sich ganz aufrichteten, reagierten die verletzten Exemplare gar nicht.

Schließlich wurden bei einem weiteren Versuche mit Coleus und Achyranthes beide Laminalängshälften entfernt, so daß nur die Mittelrippe übrig blieb. Der Erfolg nach inverser Aufstellung war, daß die so behandelten Stiele beider Objekte nicht krümmten, während sich die unverletzten normal eingestellt hatten.

2. Versuche, bei denen das Blatt verwundet wurde.

Die Verwundungen, die bei diesen Versuchen vorgenommen wurden, bestanden im Durchschneiden verschiedener Rippen an verschiedenen Stellen, schlossen also nicht die völlige Ablösung eines Blattteiles in sich. Die Aufstellung war stets invers.

Versuchspflanzen: Iresine Lindii.
Achyranthes Verschaffeltii.
Coleus hybridus hortensis.

Versuche mit Iresine.

1. Mittelrippe am Blattgrund quer so durchschnitten, daß das erste aus ihr entspringende Seitenrippenpaar unverletzt und in Verbindung mit dem Blattstiel blieb. Resultat: Die verletzten Exemplare blieben im Anfange etwas zurück, erreichten aber schließlich die normale Stellung gleich den unverwundeten.

2. Mittelrippe am Blattgrund und außerdem die erste Seitenrippe der einen Laminalängshälfte durchschnitten. Resultat: Die verwundeten Stiele führten nur eine ganz geringe Krümmung aus, während die unverwundeten in ihre normale Lage zurückkehrten.

Versuche mit Achyranthes.

1. Mittelrippe am Blattgrund so durchschnitten, daß das erste Seitenrippenpaar unverletzt und mit dem Blattstiel in Verbindung blieb. Resultat: Die verwundeten Objekte blieben bei der geotropischen Krümmung um die Hälfte des Weges hinter den normalen zurück.

2. Alle Seitenrippen an der Mittelrippe durchschnitten. Resultat: Die verletzten Stiele führten keine nachweisbare Krümmung aus, während die normalen sich voll aufrichteten.

Versuche mit Coleus.

1. Mittelrippe am Blattgrund so durchschnitten, daß das erste Seitenrippenpaar unverletzt und mit dem Blattstiel in Verbindung blieb. Resultat: Die verwundeten Exemplare blieben dauernd um ein Drittel des Weges hinter den normalen zurück.

2. Mittelrippe und eine erste Seitenrippe so durchschnitten, daß nur die andere mit dem Blattstiel in Verbindung blieb. Resultat: Die normalen Exemplare hatten sich vollständig aufgerichtet, während die verwundeten nur einen Weg von 10—15° zurückgelegt hatten.

3. Rippen am Blattgrund so durchschnitten, daß nur die erste und zweite Seitenrippe der einen Längshälfte mit dem Blattstiele in Verbindung blieben. Resultat: Die so behandelten Exemplare blieben nur ganz wenig hinter den normalen zurück.

4. Mittelrippe und erstes Seitenrippenpaar am Blattgrunde durchschnitten, also jede Verbindung zwischen Lamina und Blatt-aufgehoben. Resultat: Die in dieser Weise verwundeten Objekte wiesen keine Krümmung auf, während die normalen Exemplare in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt waren.

Nach allen diesen Versuchen hat es den Anschein, als hätte das Mesophyll der Blätter in vielen Fällen einen bedeutenden Einfluß auf die geotropische Reaktion der Blattstiele. Dabei spielen die Gefäße scheinbar die Rolle der Reizleitungsbahnen. Es ist für die Reaktion einer ganzen Anzahl von Blattstielen gleichgültig, ob man die ganze Lamina entfernt oder nur die Verbindung derselben mit dem Stiel unterbricht. Ebenso entsprechen sich in ihren Wirkungen teilweise Wegnahme der Lamina und teilweise Durchtrennung der Rippen. Diesen Vorkommnissen bei Coleus, Achyranthes und Iresine steht allerdings der Fall von Sagittaria gegenüber, wo der Blattstiel ohne Lamina gerade so gut auf den Schwerkraftsreiz

reagiert wie derjenige mit Lamina. Entfernung der Lamina hat also nicht in allen Fällen Aufhebung der geotropischen Reaktion zur Folge. Jedenfalls zeigen die Versuche, daß die Verhältnisse bei verschiedenen Objekten auch sehr verschieden sind.

D. Untersuchungen an Blütenstielen.

Die Versuche mit Blütenstielen wurden fast ausschließlich im Freien ausgeführt, indem die Versuchspflanzen an Ort und Stelle stehen blieben und mit Hilfe der oben erwähnten hölzernen Haken in der Reizlage befestigt wurden. Nur ganz wenige Versuche wurden im feucht gehaltenen Zinkkasten vorgenommen. Es ist dies in jedem einzelnen Falle besonders bemerkt. Für die Versuche im Freien kam, zumal da dieselben im Sommer ausgeführt wurden, die Austrocknung an den Wundflächen stark in Frage. Manche Hemmungen sind sicherlich nur auf sie zurückzuführen. Andererseits konnte bei manchen Objekten schon kurze Zeit nach der Verletzung ein guter Wundverschluß, der bedeutendere Austrocknung unmöglich machte, festgestellt werden.

Es kamen bei diesen Versuchen ausschließlich Abtrennungen zur Anwendung. Verwundungen sowie Abschneiden einzelner Blütenteile erwiesen sich bei meinen Versuchsobjekten von Anfang an als unwirksam, eine Tatsache, die ja für einzelne Fälle schon bekannt war.

Tulipa silvestris (Tab. 49).

Die abgetrennten Blüten von Tulipa besaßen das ansehnliche Gewicht von je 2,0 g, welches nicht ersetzt wurde. Die Horizontallegung erfolgte sofort nach der Entfernung der Blüten. Bei der geotropischen Krümmung waren die blütenlosen Stiele den normalen weit voraus und wurden erst später von ihnen eingeholt.

Tulipa Gesneriana (Tab. 50 und 51).

Bei dem einen der hier angestellten Parallelversuche wurde das Gewicht der fehlenden Blüten durch die schon erwähnten Drahtspiralen ersetzt.

In der ersten Reihe (ohne Gewichtsersatz) zeigen die blütenlosen Stiele bei der Krümmung einen Vorsprung vor den normalen. Derselbe verschwindet aber in der zweiten Reihe, wo der Gewichtsersatz vorgenommen wurde. Eine Hemmung in der Reaktion der geköpften Exemplare ist jedoch auch hier nicht vorhanden.

Saxifraga decipiens (Tab. 52).

Normal sind diese Blütenstiele der senkrechten Lage genähert. Im Anfange des Versuches halten die blütenlosen Stiele bei ihrer Aufrichtung Schritt mit den blütentragenden. Sie kommen aber über eine gewisse Erhebung nicht hinaus, während jene sich bis zur normalen Lage aufrichten. Das spätere Zurückbleiben ist vielleicht auf die Austrocknung zurückzuführen.

Primula Sieboldii.

Die Einzelblüten von Primula Sieb. sind zu einer Dolde vereinigt. Die Kelchröhre und der der Blüte zunächstliegende Teil des Blütenstiels stehen hier ziemlich wagrecht. Für den Versuch wurde die Hälfte der benutzten Blütenstiele der Blüten beraubt und sämtliche Pflanzen soweit umgebogen, daß die zu vergleichenden Stiele annähernd senkrecht gegen die Erde gerichtet waren. Nach 22 Stunden hatten normale und blütenlose Stiele ihre alte Stellung wieder eingenommen, d. h. sie zeigten wieder genau wagrecht nach der Seite.

Clematis integrifolia (Tab. 53).

Die Blütenstiele wurden sofort nach der Abtrennung der Blüten in horizontale Lage gebracht. Der Versuch zeigt in allen seinen Stadien die gleichartige Reaktion der normalen und der blütenlosen Stiele.

Anemone umbellata (Tab. 54).

Die Versuchspflanzen waren hier ebenso behandelt wie die im vorigen Versuch. Tabelle 54 zeigt, daß auch hier die Abtrennung der Blüten keinen Einfluß auf die geotropische Reaktion der Stiele hatte.

Ornithogalum pyrenaicum.

Die Blüten von Ornithogalum, welche eine Traube bilden, sind normal schräg aufwärts gerichtet und zwar bilden die Blütenstiele mit der Blütenstandsachse einen Winkel von etwa 40°. Bei den jüngeren Blüten ist dieser Winkel kleiner und geht bis auf 20° herunter.

Es wurden Blütenstandsachsen an ihrer Spitze mit Bast umschlungen und an diesem so weit nach unten gebogen, daß der mit Blüten besetzte Teil senkrecht nach unten gerichtet war. Dann wurden einem Teil der Stiele die Blüten genommen.

Nach 24 Stunden hatten sowohl normale als auch blütenlose Stiele sich in scharfer Krümmung nach oben gerichtet und ihre alte Winkelstellung zum Lote wieder eingenommen.

Allium odoratum.

Die Blüten von Allium bilden eine kugelige Dolde. Untersucht wurden die normal nach oben gerichteten Einzelblütenstiele. Die Blütenstandsachse wurde umgebogen und so befestigt, daß der Blütenstand nun nach unten gerichtet war, worauf ein Teil der Blüten von den Stielen abgeschnitten wurde. Nach 5 Stunden hatten die blütenlosen Stiele nicht ganz die Höhe der normalen erreicht, ebenso nach 22 Stunden noch nicht deren Endstellung. In diese gelangten sie erst nach weiteren 23 Stunden.

Delphinium elatum.

Die Blüten von Delphinium sind zu einer Traube vereinigt. Die Blütenstiele sind normal unter einem Winkel von etwa 30° (bei den kurz vor dem Aufblühen stehenden Blüten) zur Senkrechten nach oben gerichtet und zwar so, daß die

Blüte mit dem Lot einen Winkel von etwa 15° bildet. Durch Umlegen der Blütenstandsachse wurden die Blüten in wagerechte Lage gebracht und dann ein Teil derselben abgeschnitten. Nach 20 Stunden hatten die Blüten ihre alte Winkelstellung von 15° zum Lote wieder eingenommen, indem ihre Stiele die dazu nötige Krümmung ausgeführt hatten. Die gleiche Krümmung hatten aber auch die blütenlosen Stiele ausgeführt, so daß Glasnadeln, welche in der Richtung der Blütenachse an der Schnittfläche der Stiele befestigt waren, ebenfalls eine Neigung von 15° erhalten hatten.

Aconitum Napellus.

Der Blütenstand besteht aus einer Traube. Die Blütenachsen stehen hier unter einem Winkel von 30° zur Senkrechten nach unten. Durch Umbiegen des Blütenstandes wurden die Blüten um 180° in ihrer Symmetrieebene gedreht, so daß sie jetzt abermals mit dem Lot einen Winkel von 30° bilden, aber jetzt mit der Öffnung nach oben gerichtet. Bei unverletzten Blüten geht nun die Aufrichtung folgendermaßen vor sich: Der Blütenstiel krümmt sich nach oben, fast einen geschlossenen Kreis bildend, und bringt so die Blütenachse in ihre 30°-Stellung zum Lote. Dadurch ist aber die Blütenöffnung statt vom Stengel ab- dem Stengel zugekehrt worden. Die Bewegung nach außen wird dann durch eine Torsion des unmittelbar unter der Blüte befindlichen Stielstückes bewerkstelligt. Mit den Einzelheiten des Aufrichtungsvorganges beschäftigen sich die Untersuchungen von Schwendener-Krabbe[1]), Noll[2]) und Meißner[3]), auf die aber hier nicht eingegangen werden soll, da es sich für die vorliegenden Versuche nur darum handelt, ob die Blütenstiele auch nach Entfernung der Blüten noch geotropisch reagieren.

---

[1]) Schwendener-Krabbe, Abhandlungen d. Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften, 1892.

[2]) Noll, Arbeiten des botan. Instituts Würzburg, Bd. III, pag. 189f.

[3]) Meißner, Botan. Centralblatt 1894, Bd. 60, Teil I, pag. 12f.

Der Versuch wurde sowohl im Freien als auch im feucht gehaltenen Zinkkasten ausgeführt. Im Freien erfolgte die Reaktion allgemein (d. h. auch bei den normalen Exemplaren) etwas langsamer als im feuchten Raum. In beiden Fällen aber fielen die blütenlosen Stiele sehr bald ab, so daß es nicht möglich war, die Beobachtung so lange fortzusetzen, wie das Czapek[1]) getan hat.

Nach 24stündiger Versuchsdauer hatten die normalen Stiele, die sich im Freien befanden, die aufrichtende Krümmung vollendet, die im feuchten Raume befindlichen auch schon die Torsion. Die blütenlosen Stiele hatten in der gleichen Zeit ebenfalls die Aufrichtung vollzogen, fielen aber dann ab. Nach Czapek[1]) führen sie aber auch noch die Torsion aus. Der vorliegende Versuch weist also keinen Unterschied in der Reaktion der normalen und der blütenlosen Stiele auf.

Eschscholtzia californica (Tab. 55).

Die Blütenstiele wurden hier wieder mit hölzernen Haken in wagerechter Lage befestigt und dann ein Teil derselben der Blüten beraubt.

Tabelle 55 zeigt, wie weit die Werte in den verschiedenen Stadien übereinstimmen. Die Anfangswinkel sind untereinander etwas verschieden, stimmen aber in ihren Mittelwerten überein (dieselben betragen 35° und 40°).

E. Untersuchungen an Blütenstandachsen.

Für die Versuche mit Blütenstandsachsen gilt im allgemeinen das für die Blütenstiele Gesagte. Die Versuche wurden ausnahmslos im Freien ausgeführt. Die Versuchsanordnung entsprach, abgesehen von geringen Modifikationen, der bei den Blütenstielen benutzten.

[1]) Czapek, Jahrbuch für wissenschaftl. Botanik, 1898, Bd. 32, pag. 279.

Centaurea montana (Tab. 56).

Die Blütenköpfchen waren noch nicht vollständig aufgeblüht. Durch Befestigung am Boden wurden die Blütenstandsachsen in horizontaler Lage festgehalten. Ein Teil der Blütenstände wurde abgeschnitten. Tabelle 56 zeigt, daß die geköpften Achsen während des ganzen Krümmungsvorganges gleichen Schritt mit den normalen halten, daß die Abtrennung also keinen Einfluß auf die geotropische Reaktion hatte.

Muscari racemosum (Tab. 57 und 58).

Der Blütenstand besteht aus einer Traube.

1. Die am Schaft sitzenden Blüten wurden abgeschnitten und ersterer 24 Stunden später wagerecht gelegt. Tabelle 57 zeigt, daß im Anfange des Versuches die verletzten Exemplare stark hinter den normalen zurückbleiben, sie aber später einholen.

2. Die Blütenstandsachsen wurden erst 6 Tage nach Abtrennung der Blüten in horizontale Lage gebracht. Sie reagierten (siehe Tab. 58) auch im Anfange des Versuches ebensogut wie die normalen.

Eine Wirkung des Wundshocks über 24 Stunden hinaus ist (im ersten Versuche) nicht wahrscheinlich. Der Unterschied in der Reaktion der verletzten Exemplare in den beiden Versuchsreihen kommt vielleicht daher, daß die des ersten Versuches noch unter starkem Wasserverlust gelitten haben mögen, als sie zur Krümmung veranlaßt wurden. Denn die Wundfläche war hier, die vielen Einzelwunden zusammengenommen (es handelte sich um mindestens 30 derselben an jeder Achse), sehr groß und erstreckte sich gerade auf den Teil der Blütenstandsachse, in dem hauptsächlich die Krümmung stattfand. Dagegen hatten die Exemplare der 2. Reihe in den 6 Tagen genügend Zeit gehabt, einen Wundverschluß zu bilden und den anfänglichen Wasserverlust noch vor der Versetzung in die Reizlage zu ersetzen.

Primula Sieboldii (Tab. 59).

Die Blütenstandsachsen wurden sofort nach Abtrennung der Blüten in wagerechter Lage befestigt. Wie die Tabelle

zeigt, haben die verletzten Exemplare eine nur geringe Krümmung gegenüber den normalen ausgeführt, aber nur im Anfange des Versuches. Später verschwindet die Hemmung und die blütenlosen Achsen stellen sich in die Senkrechte ein.

Bei einem Parallelversuche wurden die Objekte erst 24 Stunden nach der Abtrennung der Blüten horizontal gelegt. Sie blieben auch da gegen die normalen in der Aufrichtung zurück und verloren bald ganz ihre Krümmungsfähigkeit, indem sie auch bei längerer Versuchsdauer nicht über ihre nach einiger Zeit erreichte mittlere Stellung hinauskamen.

Ornithogalum nutans (Tab. 60).

Die Blütenstandsachsen wurden sogleich nach Abtrennung der Blüten horizontal gelegt. Wie die Tabelle zeigt, hatte die Entfernung der Blüten keinen Einfluß auf die geotropische Reaktion der Blütenstandsachsen.

Ornithogalum pyrenaicum

reagierte bei gleicher Behandlung in gleicher Weise wie Ornithogalum nutans.

Scilla cernua (Tab. 61).

Die wenig zahlreichen (etwa 6) Blüten bilden eine Traube. Die Horizontallegung der Blütenstandsachsen erfolgte unmittelbar nach der Abtrennung der Blüten. Ein Unterschied in der Reaktion der verletzten und der normalen Exemplare war, wie die Tabelle zeigt, nicht vorhanden.

Valeriana alliariaefolia (Tab. 62).

Die Blütendolden von Valeriana befinden sich sowohl an primären als an sekundären Blütenstandsachsen. Letztere treten paarweise an den ersteren auf und stehen sich in einer senkrechten Ebene gegenüber.

Für den Versuch wurde das älteste Achsenpaar benutzt und der einen der Achsen die Blüten genommen. Der ganze Stengel

wurde an Holzstäben so befestigt, daß die Ebene der beiden in Betracht kommenden Achsen in die Horizontalebene fiel und der Stengel selbst keine Krümmung ausführen konnte. Eine solche konnte also nur in den zu untersuchenden Seitenachsen stattfinden. Die Horizontallegung erfolgte sogleich nach Abtrennung der Blüten. Die Tabelle zeigt, daß verletzte und normale Stiele gleichmäßig krümmten.

Amsonia salicifolia (Tab. 63).

Die Umlegung wurde gleich nach der Abtrennung der Blüten, welche hier eine Ähre bilden, vorgenommen. Die blütenlosen Exemplare bleiben im Anfange des Versuches hinter den normalen zurück, halten aber in den späteren Stadien mit ihnen Schritt. Ähnlich wie bei Muscari waren hier die Wundflächen sehr ausgedehnt, konnten also wohl eine starke Austrocknung und damit eine Herabsetzung der Reaktionsgeschwindigkeit verursachen. Auf diesen Umstand ist jedenfalls die anfängliche Hemmung zurückzuführen.

Armeria vulgaris (Tab. 64).

Die Blüten von Armeria bilden Köpfchen.

Die Tabelle zeigt, daß die blütenlosen Achsen den normalen im Anfange des Versuches vorauseilen. Später tritt dann ein Ausgleich ein und am Schlusse bleiben die blütenlosen Exemplare um durchschnittlich 15—20° hinter den normalen zurück. Die Reaktionsbeschleunigung im Anfange ist sicher nur eine Folge der geringeren mechanischen Hubleistung, welche die Pflanze zu vollbringen hatte. Parallelversuche mit Gewichtsersatz waren nicht möglich, da das Material inzwischen zu alt geworden und verblüht war.

Tellima grandiflora (Tab. 65).
Tolmiea Menziesii (Tab. 66).
Brodiaea congesta (Tab. 67).
Antirrhinum majus (Tab. 69).

Bei allen 4 Objekten wurden die Blütenstandsachsen in gleicher Weise der Blüten beraubt und gleich darauf wagerecht

gelegt. Das Ergebnis war, daß in allen Fällen die blütenlosen Exemplare gerade so gut reagierten wie die blütentragenden.

Hyacinthus amethystinus (Tab. 68).

Wie man aus der Tabelle ersieht, setzen die blütenlosen Exemplare mit einer gleich kräftigen Krümmung ein, wie die unverletzten. Nur bleiben am Schlusse einige blütenlose Achsen auf ihrer höchsten Überkrümmung stehen, ohne wieder zurückzugehen. Diese Überkrümmung erstreckte sich auf die äußerste Spitzenzone, welche bei ihrem geringen Durchmesser im Laufe des Versuches vertrocknet war.

Allium nutans (Taf. III).

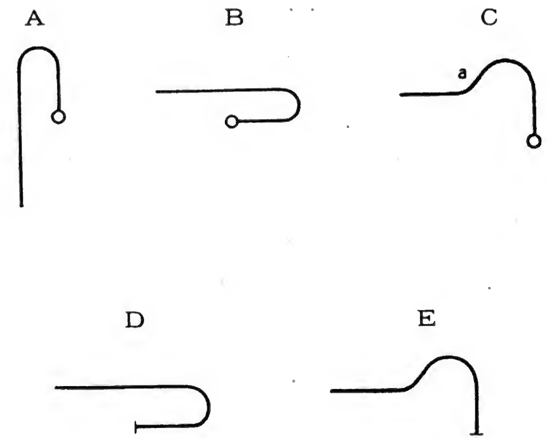
Die Blütenstände von Allium nutans hängen, solange sie noch in ihre häutige Hülle eingeschlossen sind, senkrecht nach unten (Taf. III, Fig. A). Die Blütenstandsachse macht eine Biegung, sodaß der aus der Erde kommende (basale) Schenkel und der wieder nach unten gerichtete (apicale) Schenkel ganz oder annähernd parallel laufen. Erst zu der Zeit, wo die Hülle sich öffnet, wird die erwähnte Biegung gestreckt und dadurch der Blütenstand innerhalb 1—2 Tagen zenithwärts gekehrt.

Es war nun festzustellen, ob die hängende Lage der Blütenstandsknospe auf Geotropismus beruhte, wie dies Vöchting[1]) z. B. für Papaver und Allium controversum nachgewiesen hat. Zu diesem Zwecke wurden unverletzte Schäfte so weit umgebogen, daß die beiden parallel laufenden Schenkel derselben in eine wagerechte Lage kamen, zusammen aber eine senkrechte Ebene bildeten, wie dies Fig. B auf Taf. III zeigt. Nach 24 Stunden waren die apicalen Schenkel aller Exemplare wieder senkrecht nach unten gerichtet (Taf. III, Fig. C). Um dies zu erreichen, war einerseits der Krümmungsradius der ursprünglichen Biegung erweitert worden, andererseits war im Anschluß an diese Biegung basalwärts eine neue Biegung im entgegen-

[1]) Vöchting, Bewegungen der Blüten und Früchte, 1882, pag. 92 f.

Tafel III.

Allium nutans.



A: normales Exemplar.

B: neue Stellung zur Feststellung des positiven Geotropismus.

C: B nach 24 Stunden.

D: Versuch zum Nachweis der geotropischen Reaktionsfähigkeit der geköpften Exemplare.

E: D nach 24 Stunden.

gesetzten Sinne aufgetreten (Fig. C bei a), so daß der Schaft an dieser Stelle nunmehr S-Form zeigte.

Wäre die ursprüngliche Stellung der Knospe (Fig. A) autonom gewesen, so hätte sie nach der Überführung in die Stellung B in dieser verharren müssen. — Nun könnte aber das Herabhängen der Knospe nach Fig. A und C durch ihre Last bedingt sein. Dem widerspricht aber das Auftreten der neuen Biegung bei a in Fig. C. Hätte die ursprüngliche Biegung nicht genügend Stabilität besessen, um die Knospe in der Stellung B zu erhalten, so wäre durch das Herabsinken der letzteren einfach die alte Biegung erweitert (d. h. ihr Krümmungsradius vergrößert) nicht aber die neue Biegung bei a (Fig. C) hervorgerufen worden. Eine so geringe Festigkeit des Schaftes ist aber bei seiner Stärke an sich ganz unwahrscheinlich.

Um weiterhin festzustellen, ob die Blütenstandsachsen nach Abtrennung der Blüten überhaupt noch geotropisch reaktionsfähig seien, wurden mehreren Exemplaren die Knospen genommen und dieselben in die durch Fig. D dargestellte Lage gebracht (wobei also basaler und apicaler Schenkel eine senkrechte Ebene bildeten). Sie führten nun die Abwärtsbewegung des apicalen Teiles in der gleichen Weise aus wie die normalen Pflanzen, befanden sich also nach 24 Stunden in der durch Fig. E dargestellten Stellung.

Diese beiden Versuche, besonders der zweite, lassen mit Sicherheit annehmen, daß das Hängen der Blütenstandsknospen durch positiven Geotropismus des apicalen Schenkels bedingt wird. Denn im zweiten Falle, wo das Gewicht der Knospe in Wegfall kommt, kann von einer Lastkrümmung erst recht nicht die Rede sein.

Es wurden nun, um den Einfluß der Abtrennung der Blüten auf die oben beschriebene normale Aufrichtung zu untersuchen, zehn gleichartige Blütenstandsachsen, deren Blütenstandsknospen noch geschlossen waren, ausgewählt und die Hälfte derselben der Knospen beraubt. Das Gewicht der letzteren betrug je 1 g und wurde durch die oben beschriebenen Drahtspiralen ersetzt. An der Schnittfläche bildete der reichlich

hervorquellende Saft der Blütenstandsachsen sehr bald einen Verschluß.

Der Versuch begann am 26. Juni 11 Uhr 30 Min. Am 4. Juli waren die normalen Exemplare sämtlich voll aufgerichtet, hatten also einen Weg von 180° zurückgelegt. Die blütenlosen Blütenstandsachsen hatten ihre alte Stellung noch inne und veränderten sie auch in der Folgezeit in keiner Weise.

Allium fallax.

Am 28. Juni wurde ein ganz analoger Versuch mit Allium fallax vorgenommen. Das Knospengewicht betrug hier nur je 0,3 g und wurde gleichfalls ersetzt.

Am 13. Juli hatten die normalen Exemplare einen Weg von 180° durchlaufen. Die blütenlosen Achsen waren in ihrer ursprünglichen hängenden Lage verblieben, hatten also gleich Allium nutans nicht reagiert.

Das Resultat dieser Versuche wäre demnach folgendes: Das Herabhängen der Blütenstandsknospen der beiden untersuchten Objekte ist auf positiven Geotropismus des apicalen Schenkels zurückzuführen. Dieser positive Geotropismus erfährt eine Umstimmung in negativen zu der Zeit, wo die Hülle zerspringt und der Blütenstand sich entfaltet. Dadurch wird der hängende Blütenstand gehoben und nach dem Zenith gerichtet. Wird die Blütenstandsknospe entfernt, so tritt die Umstimmung des positiven Geotropismus im apicalen Schenkel in negativen nicht ein, der letztere bleibt positiv geotropisch und nach unten gerichtet und zwar, soweit dies festgestellt werden konnte, dauernd.

Die hier bei Allium nutans und Allium fallax festgestellten Verhältnisse sind von Scholz[1]) noch bei Allium sativum gefunden worden.

Diese Erscheinung bildet ein Gegenstück zu den von Papaver bekannten Tatsachen. Hier ist nach Vöchting[2])

---

[1]) Scholtz, Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, 1892, Bd. 5, pag. 388.

[2]) Vöchting, Bewegungen der Blüten und Früchte, 1882, l. c.

ebenfalls die Blütenknospe infolge positiven Geotropismus' des apikalen Stielteiles senkrecht nach unten gerichtet. Erst zur Zeit der Blütenentfaltung erfolgt die Umstimmung mit der dadurch bedingten Aufrichtung des bis dahin hängenden Teiles. Schneidet man aber hier die noch hängende Knospe ab, so wird die Umstimmung vorzeitig herbeigeführt und die Aufrichtung des blütenlosen Stieles veranlaßt. Wir haben also bei Papaver die Beschleunigung eines normal sich einstellenden Vorganges, bei Allium dagegen die gänzliche Aufhebung desselben.

Siler trilobum.

Die Blütenstandsachsen von Siler trilobum sind, solange die Blüten noch nicht ganz aufgeblüht sind, kurz unter dem eine Dolde bildenden Blütenstand scharf rechtwinklig abgebogen, sodaß die in der Mitte der Dolde befindlichen Blütenstiele, d. h. die primären Doldenstrahlen, wagerecht stehen. Später, nach dem Aufblühen, wird die Biegung aufgehoben und dadurch der Blütenstand gerade nach oben gerichtet.

Es wurde nun eine Reihe von gleichalterigen Blütenstandsachsen ausgesucht und die Hälfte derselben der Blüten samt den Doldenstrahlen beraubt. Der Versuch begann am 23. Mai. Am 27. Mai hatten die normalen wie auch die doldenlosen Exemplare den Weg zur Endstellung zurückgelegt. Die Abtrennung der Blütendolden hatte also keinen Einfluß auf die geotropische Reaktion der Blütenstandsachsen gehabt.

Digitalis purpurea (Tab. 70).

Nach Wiesner[1]) werden die dicken, ährenartigen Infloreszenzen von Digitalis und anderen durch negativen Geotropismus in ihrer Lichtstellung erhalten und richten sich nach Horizontallegung schnell auf, so lange noch Blütenknospen vorhanden sind. „Sind die Blüten, welche an derartigen Infloreszenzachsen stehen, schon befruchtet, so unterbleibt die Aufrichtung der Infloreszenzachse. Wenn an dichten ährenförmigen Infloreszenzen ein Teil

[1]) Wiesner, Biologisches Centralblatt, 1901, Bd. 21, pag. 803.

der Blüten noch unbefruchtet ist, so hebt sich nur jener Teil der Infloreszenzachse, welcher die unbefruchteten Blüten trägt."

Um nun festzustellen, ob die Entfernung der Blüten eine gleiche Wirkung auf die Blütenstandsachse ausübt wie die Befruchtung, wurden an einem Teil der benutzten Versuchspflanzen alle Blüten entfernt. Tabelle 70 zeigt, daß die blütenlosen Achsen genau so geotropisch reagierten wie die normalen. Die Entfernung der Blüten war also nicht imstande, die gleiche Umstimmung hervorzurufen wie die Befruchtung derselben.

IV. Hauptergebnisse.

Die Hauptergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sind folgende:

Um einen Einfluß auf die geotropische Reaktion der untersuchten Pflanzenorgane auszuüben, bedarf es zumeist verhältnismäßig starker Eingriffe in den Bau der betreffenden Organe. Verwundungen hatten nur in den Fällen einen Erfolg, in denen sie die Verbindung zwischen den einzelnen Organteilen zerstörten. Im übrigen wirkten nur Abtrennungen und zwar auch diese nur zum Teil auf die geotropische Reaktion ein.

Im einzelnen sind die Resultate folgende:

Die Abtrennung der Sproßspitze allein hatte bei den untersuchten Keimlingen keinen Einfluß auf die geotropische Krümmung, desgleichen die Abtrennung eines oder beider Cotyledonen ohne Plumula bei dicotylen Pflanzen. Dagegen rief Abtrennung der Plumula und beider Cotyledonen teilweise eine vorübergehende Hemmung hervor.

Bei den im Freien erwachsenen Dicotylensprossen verursachte die Abtrennung der Sproßspitze teils keine, teils bald vorübergehende Hemmung.

Die Abtrennung des apicalen Teiles des Hypocotyls hat keine oder vorübergehende oder dauernde Hemmung zur Folge.

Die Abtrennung eines Teiles des Epicotyls der benutzten Keimlinge bewirkte dauernde Hemmung bis zur völligen Lähmung.

Verwundungen des Sprosses durch Einschnitte veranlaßten keine oder nur bald vorübergehende Hemmung.

Wurzellose Sprosse blieben vorübergehend hinter den bewurzelten zurück.

Bei den untersuchten Sprossen von Tinantia tritt eine starke und dauernde Hemmung dann ein, wenn nur noch zwei oder weniger intakte Internodien vorhanden sind. Dabei ist es gleichgültig, ob zwei oder nur ein Internodium intakt ist.

Teilweise Abtrennung der Lamina eines Blattes hatte keine oder eine vorübergehende Hemmung zur Folge.

Abtrennung der ganzen Lamina bewirkte in vielen Fällen völlige Reaktionslosigkeit, konnte aber auch ganz wirkungslos sein (wie bei Sagittaria).

Teilweise Zerstörung der Verbindung zwischen Mesophyll und Blattstiel (durch Durchschneiden eines Teiles der Rippen) wirkte wie teilweise Abtrennung der Lamina.

Vollständige Aufhebung der Verbindung zwischen Mesophyll und Blattstiel führte in den Fällen vollständige Lähmung herbei, wo dies durch Abtrennung der Lamina bewirkt wurde.

Die Abtrennung einzelner Blüten beeinflußte die geotropische Reaktion des Blütenstiels in den meisten Fällen nicht. Nur selten trat eine vorübergehende Hemmung ein.

Die Abtrennung der Blüten eines Blütenstandes beziehentlich des ganzen Blütenstandes beeinträchtigte die geotropische Reaktion der betreffenden Blütenstandsachse nicht oder nur vorübergehend.

Ausnahmen zeigten sich bei Allium nutans und Allium fallax. Hier wurde durch Abtrennung der im Jugendzustande senkrecht herabhängenden Blütenstandsknospe verhindert, daß die normal beim Aufblühen eintretende Aufrichtung des apikalen Schenkels erfolgte, ohne daß der Geotropismus aufgehoben war. Es fand nur nach Abtrennung der Knospe die sonst eintretende Umstimmung des positiven Geotropismus in negativen nicht statt, wodurch diese Alliumarten sich von Papaver unterscheiden.

Die dieser Abhandlung zugrunde liegenden Versuche wurden im Botanischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geh. Rat Prof. Dr. Pfeffer sowie Herrn Privatdozent Dr. Miehe für die vielfachen Anregungen und die stete Unterstützung, die mir die genannten Herren während meiner Arbeiten zu teil werden ließen, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Tabellen.

Durch die Zahlen wird die Krümmung in Graden in der oben erwähnten Weise angegeben.

1. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.
   Abgetrennt: Plumula.
   Zeit der Abtrennung: 19. November 12 Uhr.
   Stellung: horizontal.
   Zeit der Horizontallegung: 19. November 12 Uhr.

Zeit der Ablesung		21. Nov. 12 Uhr	21. Nov. 9 Uhr
A	normal	75	80
B	Pumula ab-getrennt	75	75
C		75	75
D		75	75
E		65	70
F		75	75

2. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.
   Abgetrennt: Plumula.
   Zeit der Abtrennung: 27. November 12 Uhr.
   Stellung: horizontal.
   Zeit der Horizontallegung: 27. November 12 Uhr.

Zeit der Ablesung		28. Nov. 9 Uhr	29. Nov. 9 Uhr	30. Nov. 9 Uhr
A	normal	70	80	80
B		80	80	80
C		40	70	70
D		70	75	75
E		70	70	70
F	Plumula ent-fernt	65	70	70
G		70	70	75
H		80	80	85
I		75	80	85
K		75	80	80
L		80	80	80
M		70	80	80
N		70	80	85
O		75	90	90
P		70	80	90

3. Objekt: Epicotyl von Phaseolus multiflorus.
   Abgetrennt: Plumula.
   Zeit d. Abtrenng.: 20. Nov. 12 Uhr.
   Stellung: horizont.
   Zeit d. Horizontallegung: 20. Nov. 12 Uhr.

Zeit der Ablesung		21. Nov. 9 Uhr	22. Nov. 9 Uhr	23. Nov. 9 Uhr	24. Nov. 9 Uhr	25. Nov. 9 Uhr
A	normal	70	85	85	85	85
B	Plumula ent-fernt	70	85	85	90	90
C		60	80	80	85	85
D		50	75	80	85	85
E		50	65	70	75	75
F		60	75	80	85	85
F		60	75	80	85	85

4. Objekt: Epicotyl von Phaseolus multiflorus.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 12. Dezbr. 10 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 13. Dezbr. 9,30 Uhr.

	Zeit der Ablesung	13. Dez. 3 Uhr	14. Dez. 8,30 Uhr
A	normal	45	80
B	normal	35	50
C	normal	45	45
D	Plumula 12. Dezbr. 10 Uhr abgetrennt	30	65
E	Plumula 12. Dezbr. 10 Uhr abgetrennt	50	60
F	Plumula 12. Dezbr. 10 Uhr abgetrennt	45	65
G	Plumula 12. Dezbr. 10 Uhr abgetrennt	60	70
H	Plumula 12. Dezbr. 10 Uhr abgetrennt	40	55
I	Plumula 12. Dezbr. 10 Uhr abgetrennt	45	55
Mittelwert	normal	42	58
	verletzt	45	61

5. Objekt: Hypocotyl von Ricinus communis.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 12. Dezbr. 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 17. Dezbr. 11,30 Uhr.

	17. Dezember 11,30 Uhr horizontal	17. Dez. 4,30 Uhr	18. Dez. 12 Uhr
A	normal	155	90
B	normal	95	75
C	normal	90	75
D	Plumula entfernt	125	80
E	Plumula entfernt	120	80
F	Plumula entfernt	125	85
G	Plumula entfernt	80	80
H	Plumula entfernt	90	75
I	Plumula entfernt	110	75
Mittelwert	normal	113	80
	verletzt	108	79

6. Objekt: Hypocotyl von Cucurbita Pepo.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 19. Dezbr. 9 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 20. Dezbr. 9,30 Uhr.

	20. Dezember 9,30 Uhr horizontal	20. Dezember 2 Uhr	
A	normal	60	Später keine weitere Krümmung
B	normal	70	
C	normal	80	
D	Plumula entfernt	70	
E	Plumula entfernt	65	
F	Plumula entfernt	75	
G	Plumula entfernt	(40)	
H	Plumula entfernt	60	
I	Plumula entfernt	85	
K	Plumula entfernt	80	
L	Plumula entfernt	70	
M	Plumula entfernt	65	
Mittelwert	normal	70	
	verletzt	71	

7. Objekt: Hypocotyl von Cucurbita Pepo.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 2. Februar 1905, 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 3. Februar, 8,45 Uhr.

	3. Febr. 8,45 Uhr horizontal	3. Febr. 2,45 Uhr	
A	normal	35	Am 4. Febr. waren die Pflanzen umgefallen.
B	normal	30	
C	normal	45	
D	Plumula entfernt	35	
E	Plumula entfernt	25	
F	Plumula entfernt	40	
Mittelwert	normal	36	
	verletzt	33	

8. Objekt: Epicotyl von Vicia faba minor.
Zeit der Abtrennung: 1. Dez. 10 Uhr.
Zeit der Horizontallegung: 1. Dez. 10 Uhr.
Abgetrennt: Plumula.
Stellung: horizontal.

Zeit der Ablesung		1. Dez. 5,30 Uhr	2. Dez. 9 Uhr	3. Dez. 9 Uhr	4. Dez. 11 Uhr
A	normal	75	75	80	80
B	normal	70	70	80	80
C	normal	75	90	95	90
D	normal	75	80	90	90
E	normal	80	90	90	95
F	Plumula entfernt	75	90	90	90
G	Plumula entfernt	70	85	95	90
H	Plumula entfernt	70	80	90	90
I	Plumula entfernt	85	90	90	90
K	Plumula entfernt	75	90	90	90
L	Plumula entfernt	70	75	90	90
M	Plumula entfernt	90	90	105	110
N	Plumula entfernt	90	95	105	110
O	Plumula entfernt	60	90	90	90
P	Plumula entfernt	85	100	90	90

9. Objekt: Hypocotyl von Linum usitatissimum.
Abgetrennt: 1 Cotyledon.
Zeit der Abtrennung: 24. November 9,15 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 24. November 9,15 Uhr.

	24. Nov. 9,15 Uhr	24. Nov. 12,15 Uhr	24. Nov. 2,15 Uhr	25. Nov. 9 Uhr
A	normal	90	90	90
B	normal	135	130	80
C	1 Cotyl. abgetrennt	75	75	75
D	1 Cotyl. abgetrennt	75	85	85
E	1 Cotyl. abgetrennt	90	100	100
F	1 Cotyl. abgetrennt	125	105	100
G	1 Cotyl. abgetrennt	125	90	80
H	1 Cotyl. abgetrennt	145	90	85
I	1 Cotyl. abgetrennt	135	90	80
Mittelwert	normal	112	110	85
	verletzt	110	91	87

10. Objekt: Hypocotyl von Linum usitatissimum.
Abgetrennt: 1 Cotyledon.
Zeit der Abtrennung: 28. November 1 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 28. November 1 Uhr.

	28. Nov. 1 Uhr	29. Nov. 9 Uhr	30. Nov. 9 Uhr
A	normal	80	80
B	normal	70	50*
C	normal	70	50
D	normal	80	50
E	1 Cotyl. entfernt	70	50*
F	1 Cotyl. entfernt	80	70
G	1 Cotyl. entfernt	75	75
H	1 Cotyl. entfernt	75	60*
I	1 Cotyl. entfernt	75	75
K	1 Cotyl. entfernt	70	60
L	1 Cotyl. entfernt	85	85
M	1 Cotyl. entfernt	90	80
N	1 Cotyl. entfernt	80	75
O	1 Cotyl. entfernt	80	80
P	1 Cotyl. entfernt	70	40*
Mittelwert	normal	75	60
	verletzt	77	75

11. Objekt: Epicotyl von Helianthus annuus.
Abgetrennt: 1 Cotyledon.
Zeit der Abtrennung: 25. November 9,30 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 25. November 9,30 Uhr.

	25. Nov. 9,30 Uhr	25. Nov. 11,30 Uhr	26. Nov. 9 Uhr
A	normal	75	A umgefallen. B—K über- und auf 90° zurückgekrümmt.
B	normal	100	
C	normal	100	
D	normal	85	
E	1 Cotyl. abgetrennt	80	
F	1 Cotyl. abgetrennt	80	
G	1 Cotyl. abgetrennt	(50)	
H	1 Cotyl. abgetrennt	90	
I	1 Cotyl. abgetrennt	120	
K	1 Cotyl. abgetrennt	(50)	
Mittelwert	normal	90	G-K ausgeschied.
	verletzt	92	

12. Objekt: Hypocotyl v. Lupinus coeruleus.
Abgetrennt: Plumula u. Cotyl.
Zeit der Abtrennung: 5. November 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 5. November 12 Uhr.

	5. Nov. 12 Uhr	6. Nov. 11 Uhr	7. Nov. 9 Uhr	8. Nov. 9 Uhr
A		75	75	80
B	Plumula und Cotyl. entfernt	75	85	85
C	Plumula und Cotyl. entfernt	80	85	85
D	Plumula und Cotyl. entfernt	75	80	80
E	Plumula und Cotyl. entfernt	80	85	80

13. Objekt: Hypocotyl von Linum usitatissimum.
Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.
Zeit der Abtrennung: 10. Nov. 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 12. Nov. 12 Uhr.

	10. Nov. 12 Uhr	11. Nov. 12 Uhr	12. Nov. 10 Uhr
A	normal	90	90
B	normal	75	75
C	normal	80	90
D		90	90
E		90	100
F		90	90
G		80	80
H		90	90
I		85	85—90

14. Objekt: Hypocotyl von Linum usitatissimum.
Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.
Zeit der Abtrennung: 24. Nov. 9,15 Uhr.
Stellung: wagerecht.
Zeit der Horizontallegung: 24. Nov. 9,15 Uhr.

	24. Nov. 9,15 Uhr	24. Nov. 12,15 Uhr	24. Nov. 2,15 Uhr	25. Nov. 9 Uhr
	A	normal	135	120	75
	B	normal	90	90	85
	C	normal	90	120	80
	D		90	135	90
	E		70	110	100
	F		70	90	95
	G		90	100	95
	H		70	120	90
	I		135	105	95
	K		70	115	90
	L		70	130	90
Mittelwert	normal		105	110	80
	verletzt		83	113	93

15. Objekt: Hypocotyl von Linum usitatissimum.
Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.
Zeit der Abtrennung: 24. Nov. 9,15 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 24. Nov. 9,15 Uhr.

	24. Nov. 9,15 Uhr	24. Nov. 12,15 Uhr	24. Nov. 2,15 Uhr	25. Nov. 9 Uhr
A	normal	90	90	90
B	normal	90	90	90
C	normal	75	90	90
D		75	100	90
E		100	70!	90
F		90	45!	90
G		85	85	90
H		75	95	90

16. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.
Abgetrennt: Plumula u. Cotyledonen.
Zeit der Abtrennung: 17. Nov. 11 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 17. Nov. 11 Uhr.

	17. Nov. 11 Uhr	18. Nov. 9 Uhr	19. Nov. 9 Uhr
A	normal	95	95
B		95	95
C		95	95
D		90	90
E		85	85
F		90	90

17. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.

Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.

Zeit der Abtrennung: 8. Dezember 10 Uhr.

Stellung: horizontal.

Zeit d. Horizontallegung: 9. Dezember 8,30 Uhr.

9. Dez. 8,30 Uhr horizontal		9. Dez. 11,30 Uhr	10. Dez. 10 Uhr
A	normal	90	—
B		85	90
C		95	90
D		90	90
E	Plumula und Cotyl. entfernt	60	80
F		20	65
G		85	80
H		30	80
I		45	100
K		40	80
L		45	90
M		25	80
N		45	105
O		30	80
P		50	85
Q		30	120
R		40	85
Mittelwert	normal	90	90
	verletzt	39	87

18. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.

Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.

Zeit der Abtrennung: 10. Februar 12 Uhr.

Stellung: horizontal.

Zeit d. Horizontallegung: 11. Februar 9 Uhr.

11. Febr. 9 Uhr horizontal		11. Febr. 11 Uhr	12. Febr. 12 Uhr
A	normal	45	90
B		45	90
C		45	90
D		45	90
E	Plumula und Cotyl. entfernt	—	90
F		—	90
G		—	90
H		—	90
I		—	90
K		—	(45)
L		—	90

19. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.

Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.

Zeit der Abtrennung: 26. November 12 Uhr.

Stellung: horizontal.

Zeit d. Horizontallegung: 26. November 12 Uhr.

26. Nov. 12 Uhr horizontal		27. Nov. 12 Uhr	28. Nov. 9 Uhr
A	normal	65	70
B		80	95
C		75	75
D	Plumula und Cotyl. entfernt	75	75
E		75	75
F		75	80
G		70	75
H		70	75
I		65	70
K		60	60
L		70	70
M		10	75
Mittelwert	normal	73	80
	verletzt	70	73

20. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.
Abgetrennt: Cotyledonen, aber nicht die Plumula.
Zeit der Abtrennung: 27. November 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 27. November 12 Uhr.

	27. Nov. 12 Uhr horizontal	28. Nov. 9 Uhr	29. Nov. 9 Uhr
A	normal	75	75
B	normal	70	70
C	Cotyl. ohne Plumula entfernt	70	70
D		75	75
E		75	75
F		70	70
G		70	75
H		75	75
Mittelwert	normal	72	72
	verletzt	72,5	73

21. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.
Abgetrennt: Plumula und Cotyledonen.
Zeit der Abtrennung: 30. November 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 1. Dezember 9 Uhr.

	1. Dez. 9 Uhr horizontal	1. Dez. 5,30 Uhr	2. Dez. 9 Uhr	3. Dez. 9 Uhr
A	normal	—	20	35
B		—	—	—
C		15	65	70
D		30	70	70
E	Plumula und Cotyl. entfernt	—	40	45
F		—	45	50
G		—	10	10
H		—	30	30
I		—	10	10
K		—	10	10
L		—	20	25
M		—	—	15
N		—	—	—
O		—	40	40
P		—	40	40
Mittelwert	normal	22	52	58
	verletzt	—	25	28

22. Objekt: Hypocotyl v. Brassica Napus.
Abgetr.: Cotyl. u. $^1/_4$ Hypocot.
Zeit d. Abtrenn.: 23. Nov. 9,30 U.
Stell.: horizont.
Zeit der Horizontallegung: 23. Nov. 9,30 U.

	23. Nov. 9,30 Uhr horizontal	23. Nov. 11,30 Uhr	23. Nov. 1,30 Uhr	23. Nov. 3,30 Uhr	24. Nov. 9 Uhr
A	normal	85	85	90	90
B	normal	115	100	90	90
C	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	45	85	90	90
D	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	80	110	100	90
E	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	50	85	85	70
F	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	45	90	95	90
G	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	45	90	95	90
H	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	70	100	90	90
I	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	70	100	105	105
K	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	80	110	120	105
L	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	75	85	85	85
Mittelwert	normal	100	92	90	90
	verletzt	62	96	96	90

23. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.
Abgetrennt: Cotyledonen und $^1/_4$ Hypocotyl.
Zeit d. Abtrenn.: 17. Nov. 11 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 17. Nov. 11 Uhr.

	17. Nov. 11 Uhr horizontal	18. Nov. 9 Uhr	19. Nov. 9 Uhr
A	normal	95	90
B	normal	90	90
C	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	80	80
D	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	95	98
E	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	95	98
F	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	95	95
G	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	90	90

24. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.
Abgetrennt: Cotyledon. und $^1/_4$ Hypocotyl.
Zeit der Abtrennung: 13. Dezember 10 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontalleg.: 14. Dezember 9,30 Uhr.

	14. Dez. 9,30 Uhr	14. Dez. 11,15 Uhr	15. Dez. 9 Uhr	16. Dez. 8,30 Uhr
A	normal	45	95	95
B	normal	45	85	85
C	normal	50	90	90
D	normal	75	95	95
E	normal	45	95	95
F	normal	60	80	90
G	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	20	20
H	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	30	30
I	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	20	20
K	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	25	25
L	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	30	30
M	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	25	30
N	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	30	30
O	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	25	30
P	$^1/_4$ Hypocotyl entfernt	—	25	25

25. Objekt: Hypocotyl von Ricinus communis.
Abgetrennt: Cotyledonen und ¼ Hypocotyl.
Zeit der Abtrennung: 21. Nov. 9 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 21. Nov. 9 Uhr.

	21. Nov. 9 Uhr horizontal	22. Nov. 9 Uhr	23. Nov. 9 Uhr	24. Nov. 9 Uhr
A	normal	80	90	90
B	normal	85	90	90
C	¼ Hypocotyl entfernt	70	75	75
D	¼ Hypocotyl entfernt	70	70	75
E	¼ Hypocotyl entfernt	85	90	90
F	¼ Hypocotyl entfernt	70	80	80
G	¼ Hypocotyl entfernt	70	75	75
H	¼ Hypocotyl entfernt	100	105	105
I	¼ Hypocotyl entfernt	85	85	90
Mittelwert	normal	82	90	90
	verletzt	79	83	84

26. Objekt: Epicotyl von Phaseolus multiflorus.
Abgetrennt: Plumula u. ½ Epicot.
Zeit der Abtrennung: 14. Nov. 12 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 14. Nov. 12 Uhr.

	14. Nov. 12 Uhr horizontal	15. Nov. 9 Uhr	16. Nov. 12 Uhr
A	normal	70	90
B	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10
C	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10
D	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10
E	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10
F	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10
G	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10
H	½ Epicotyl entfernt	5—10	5—10

27. Objekt: Epicotyl von Phaseolus multiflorus.
Abgetr.: Plum. u. ¼ Epicotyl.
Zeit d. Abtrg.: 16. Nov. 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 16. Nov. 12 Uhr.

	16. Nov. 12 Uhr horizontal	17. Nov. 9 Uhr	18. Nov. 9 Uhr	19. Nov. 9 Uhr
A	normal	80	90	90
B	normal	60	80	90
C	¼ Epicotyl entfernt	40	40	40
D	¼ Epicotyl entfernt	5—10	5—10	5—10
E	¼ Epicotyl entfernt	5—10	5—10	5—10
F	¼ Epicotyl entfernt	45	50	50

28. Objekt: Epicotyl von Vicia faba major.
Abgetrennt: Plumula und ¼ Epicotyl.
Zeit der Abtrennung: 18. Nov. 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 18. Nov. 12 Uhr.

	18. Nov. 12 Uhr horizontal	19. Nov. 9 Uhr	20. Nov. 12 Uhr	21. Nov. 9 Uhr
A	normal	80	90	90
B	normal	90	100	90
C	¼ Epicotyl entfernt	50	60	60
D	¼ Epicotyl entfernt	45	55	55
E	¼ Epicotyl entfernt	40	40	40
F	¼ Epicotyl entfernt	50	60	60
G	¼ Epicotyl entfernt	40	45	45
H	¼ Epicotyl entfernt	45	50	50
I	¼ Epicotyl entfernt	45	50	55

29. Objekt: Epicot.v.Vicia faba major.
Abgetrennt: Plumula und die beiden jüngsten Blätter.
Zeit d. Abtrennung: 7.Nov.9 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 7.Nov. 9 Uhr.

7. Nov. 9 Uhr horizontal		8. Nov. 9 Uhr	9. Nov. 9 Uhr	10. Nov. 9 Uhr
A	normal	90	90	90
B	normal	70	90	90
C	Plum. u. 2 Blätter entfernt	80	85	85
D	Plum. u. 2 Blätter entfernt	85	88	90
E	Plum. u. 2 Blätter entfernt	70	85	90
Mittelwert	normal	80	90	90
	verletzt	78	81	88

30. Objekt: Epicotyl von Vicia faba minor.
Abgetrennt: Plumula und die beiden jüngsten Blätter.
Zeit der Abtrennung: 6. Dezember 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 7. Dezember 9 Uhr.

7. Dez. 9 Uhr horizontal		7. Dez. 11 Uhr	8. Dez. 9 Uhr
A	normal	80	90
B	normal	90	90
C	normal	90	90
D	normal	50	90
E	normal	60	90
F	normal	30	90
G	Plumula und 2 Blätter entfernt	20	75*
H	Plumula und 2 Blätter entfernt	10	80
I	Plumula und 2 Blätter entfernt	45	90
K	Plumula und 2 Blätter entfernt	20	75*
L	Plumula und 2 Blätter entfernt	20	65*
M	Plumula und 2 Blätter entfernt	45	90
N	Plumula und 2 Blätter entfernt	40	90
O	Plumula und 2 Blätter entfernt	10	90
P	Plumula und 2 Blätter entfernt	20	80
Q	Plumula und 2 Blätter entfernt	30	90
Mittelwert	normal	67	90
	verletzt	26	87*

* Ohne G, K, L.

31. Objekt: Epicotyl von Vicia faba minor.
Abgetrennt: Plumula und die beiden jüngsten Blätter.
Zeit der Abtrennung: 6. Dezember 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 7. Dezember 9 Uhr.

7. Dez. 9 Uhr horizontal		7. Dez. 11 Uhr	8. Dez. 9 Uhr
A	normal	70	90
B	normal	90	90
C	normal	90	90
D	normal	80	90
E	normal	60	90
F	Plumula und 2 Blätter entfernt	20	75
G	Plumula und 2 Blätter entfernt	20	80
H	Plumula und 2 Blätter entfernt	45	90
I	Plumula und 2 Blätter entfernt	45	90
K	Plumula und 2 Blätter entfernt	85*	90
L	Plumula und 2 Blätter entfernt	45	90
M	Plumula und 2 Blätter entfernt	50	80
N	Plumula und 2 Blätter entfernt	45	90
O	Plumula und 2 Blätter entfernt	40	90
Mittelwert	normal	78	90
	verletzt	39*	87

* Ohne K.

32. Objekt: Epicotyl von Phaseolus multiflorus.
Abgetrennt: Plumula und 1. Blattpaar.
Zeit der Abtrennung: 21. November 9 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 21. November 9 Uhr.

21. Nov. 9 Uhr horizontal		22. Nov. 9 Uhr	23. Nov. 9 Uhr
A	normal	90	90
B		65	75
C	Plumula und 1. Blattpaar entfernt	80	80
D		80	80
E		60	55
F		60	45
G		65	50
H		50	50
I		30	30
K		40	40
Mittelwert	normal	78	83
	verletzt	58	54

33. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.
Verwundung: Hypocotyl dicht unter den Cotyled. längsgespalten.
Zeit der Verwundung: 21. November 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 21. November 10 Uhr.

21. Nov. 10 Uhr horizontal		22. Nov. 9 Uhr	23. Nov. 9 Uhr	24. Nov. 9 Uhr
A	normal	65	80	90
B		75	75	80
C	Hypocot. dicht unter d. Cotyl. längsgespalten	70	75	80
D		75	85	90
E		75	80	85
F		70	70	70
G		70	80	80
H		70	70	80
Mittelwert	normal	70	77,5	85
	verletzt	71	77	81

34. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.
Verwundung: Hypocotyl dicht unter den Cotyl. längsgesp.
Zeit der Verwundung: 6. Dezember 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 7. Dezember 9 Uhr.

7. Dez. 9 Uhr horizontal		7. Dez. 9 Uhr	8. Dez. 9 Uhr
A	normal	70	90
B		85	90
C	Hypocot. dicht unt. d. Cotyl. längsgespalten	75	90
D		90	90
E		75	90
F		85	90

35. Objekt: Hypocotyl von Linum usitatissimum.
Verwundung: Hypocotyl längsgeritzt.
Zeit der Verwundung: 3. Dezember 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 3. Dezember 12 Uhr.

	3. Dez. 12 Uhr horizontal	3. Dez. 5 Uhr	4. Dez. 11 Uhr
A	normal	90	70*
B	normal	85	85
C	normal	125	95
D	Hypocot. längsgeritzt	90	70
E	Hypocot. längsgeritzt	90	70
F	Hypocot. längsgeritzt	75	70
G	Hypocot. längsgeritzt	100	100
H	Hypocot. längsgeritzt	100	90
I	Hypocot. längsgeritzt	100	90
K	Hypocot. längsgeritzt	85	90
L	Hypocot. längsgeritzt	90	90
Mittelwert	normal	100	90
	verletzt	91	85

36. Objekt: Hypocotyl von Lupinus albus.
Verwundung: Hypocotyl quer eingeschnitten.
Zeit der Verwundung: 3. Dezember 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 3. Dezember 12 Uhr.

	3. Dez. 12 Uhr horizontal	3. Dez. 5 Uhr	4. Dez. 11 Uhr
A	normal	60	90
B	normal	35	70
C	normal	50	—
D	normal	45	60
E	normal	25	50
F	Hypocot. quer eingeschnitten	20	50
G	Hypocot. quer eingeschnitten	35	50
H	Hypocot. quer eingeschnitten	60	50
I	Hypocot. quer eingeschnitten	45	70
K	Hypocot. quer eingeschnitten	40	60
L	Hypocot. quer eingeschnitten	10	60
M	Hypocot. quer eingeschnitten	60	80
N	Hypocot. quer eingeschnitten	40	75
O	Hypocot. quer eingeschnitten	30	75
P	Hypocot. quer eingeschnitten	30	70
Q	Hypocot. quer eingeschnitten	85	100
Mittelwert	normal	44	67
	verletzt	45	67

37. Objekt: Hypocotyl von Helianthus annuus.
Behandlung: Hypocotyl an der Basis abgeschnitten u. vertikal in feuchten Sand gesteckt am 7. Februar 9 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 8. Februar 9,30 Uhr.

	8. Febr. 9,30 Uhr	9. Febr. 9,30 Uhr
A	normal	35
B	normal	70
C	normal	70
D	normal	75
E	normal	10*
F	normal	15*
G	abgeschnitten	—
H	abgeschnitten	15
I	abgeschnitten	—
K	abgeschnitten	—
L	abgeschnitten	—
M	abgeschnitten	—

38. Objekt: Hypocotyl von Ricinus communis.
Behandlung: Hypocotyl an der Basis abgeschnitten und in feuchten Sand gesteckt am 26. Juni 9,30 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 26. Juni 9,30 Uhr.

26. Juni 9,30 Uhr horizontal		26. Juni 12 Uhr	26. Juni 5 Uhr
A	normal	30	90
B	normal	35	90
C	normal	30	90
D	abgeschnitt.	0	80
E	abgeschnitt.	0	85
F	abgeschnitt.	0	85
G	abgeschnitt.	0	90
H	abgeschnitt.	0	105

39. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Equisetum limosum.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 21. Juli 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 21. Juli 11 Uhr.

21. Juli 11 Uhr horizontal		22. Juli 9,45 Uhr	23. Juli 9 Uhr
A	normal	90	90
B	normal	100	90
C	normal	95	90
D	Plumula entfernt	80	85
E	Plumula entfernt	80	90
F	Plumula entfernt	85	90
G	Plumula entfernt	80	95
H	Plumula entfernt	85	90

40. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Gratiola officinalis.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 21. Juli 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 21. Juli 11 Uhr.

21. Juli 11 Uhr horizontal		22. Juli 9,30 Uhr	23. Juli 8,30 Uhr
A	normal	90	90
B	normal	90	90
C	normal	85	90
D	normal	90	90
E	Plumula entfernt	80	90
F	Plumula entfernt	90	90
G	Plumula entfernt	85	90
H	Plumula entfernt	85	90
I	Plumula entfernt	80	90
K	Plumula entfernt	90	90
L	Plumula entfernt	90	90
M	Plumula entfernt	90	90

41. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Impatiens balsaminea.

Abgetrennt: Plumula.

Zeit der Abtrennung: 22. Juli 11 Uhr.

Reizlage: horizontal.

Zeit der Horizontallegung: 22. Juli 11 Uhr.

22. Juli 11 Uhr horizontal		22. Juli 6 Uhr	23. Juli 10,30 Uhr
A	normal	75	90
B	normal	70	90
C	normal	80	95
D	normal	75	90
E	normal	75	90
F	Plumula entfernt	75	95
G	Plumula entfernt	70	90
H	Plumula entfernt	70	95
I	Plumula entfernt	70	95
K	Plumula entfernt	75	90
L	Plumula entfernt	80	100
M	Plumula entfernt	75	95
N	Plumula entfernt	70	90
O	Plumula entfernt	70	90
P	Plumula entfernt	70	90
Mittelwert	normal	75	91
	verletzt	73	93

42. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Cuphea viscosissima.

Abgetrennt: Plumula.

Zeit der Abtrennung: 22. Juli 11 Uhr.

Reizlage: horizontal.

Zeit der Horizontallegung: 22. Juli 11 Uhr.

22. Juli 11 Uhr horizontal		22. Juli 6 Uhr	23. Juli 9,45 Uhr
A	normal	90	90
B	normal	90	90
C	normal	90	90
D	normal	85	90
E	Plumula entfernt	90	90
F	Plumula entfernt	85	90
G	Plumula entfernt	90	90
H	Plumula entfernt	90	90
I	Plumula entfernt	90	90
K	Plumula entfernt	90	90
L	Plumula entfernt	85	90
M	Plumula entfernt	90	90

43. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Euphorbia palustris.

Abgetrennt: Plumula.

Zeit der Abtrennung: 22. Juli 10,45 Uhr.

Reizlage: horizontal.

Zeit der Horizontallegung: 22. Juli 10,45 Uhr.

22. Juni 10,45 Uhr horizontal		22. Juni 6 Uhr	23. Juni 9,30 Uhr
A	normal	70	90
B	normal	75	90
C	normal	70	85
D	normal	70	90
E	Plumula entfernt	70	90
F	Plumula entfernt	70	89
G	Plumula entfernt	65	80
H	Plumula entfernt	75	90
I	Plumula entfernt	70	85
K	Plumula entfernt	65	85
L	Plumula entfernt	65	90
Mittelwert	normal	71	89
	verletzt	69	87

44. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Stachys recta.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 25. Juli 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 25. Juli 11 Uhr.

25. Juli 11 Uhr horizontal		26. Juli 10 Uhr
A	normal	90
B	normal	90
C	normal	85
D	normal	90
E	normal	95
F	Plumula entfernt	85
G	Plumula entfernt	90
H	Plumula entfernt	90
I	Plumula entfernt	90
K	Plumula entfernt	90
L	Plumula entfernt	85
M	Plumula entfernt	90
N	Plumula entfernt	90
O	Plumula entfernt	90

45. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Rubia tinctorum.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 25. Juli 10,30 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 25. Juli 10,30 Uhr.

25. Juli 10,30 Uhr		25. Juli 5 Uhr	26. Juli 9,30 Uhr
A	normal	90	90
B	normal	85	90
C	normal	90	90
D	normal	90	90
E	normal	95	90
F	Sproß-sp. entfernt	85	90
G	Sproß-sp. entfernt	85	90
H	Sproß-sp. entfernt	90	95
I	Sproß-sp. entfernt	85	90
K	Sproß-sp. entfernt	80	90
L	Sproß-sp. entfernt	85	85
M	Sproß-sp. entfernt	85	90
N	Sproß-sp. entfernt	90	90

46. Objekt: Im Freien abgeschnittene Sprosse von Physostega virginiana.
Abgetrennt: Plumula.
Zeit der Abtrennung: 25. Juli 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 25. Juli 10 Uhr.

25. Juli 10 Uhr horizontal		25. Juli 5 Uhr	26. Juli 9,45 Uhr
A	normal	70	85
B	normal	65	85
C	normal	70	90
D	normal	75	90
E	normal	75	90
F	Plumula entfernt	65	90
G	Plumula entfernt	60	80
H	Plumula entfernt	75	90
I	Plumula entfernt	70	90
K	Plumula entfernt	65	90
L	Plumula entfernt	70	85
M	Plumula entfernt	75	95
N	Plumula entfernt	75	90
O	Plumula entfernt	70	85
P	Plumula entfernt	70	85
Mittelwert	normal	71	88
	verletzt	68	88

47. Objekt: Stiele der Primordialblätter von Phaseolus multiflorus.
Abgetrennt: Lamina.
Zeit der Abtrennung: 12. Jan. 9 Uhr.
Reizlage: die Blattstiele liegen in einer Horizontalebene.
Zeit der Horizontallegung: 13. Januar 9,45 Uhr.

13. Januar 9,45 Uhr horizontal		13. Januar 5,45 Uhr	14. Januar 9,45 Uhr
A	normal	70	70
B		70	70
C		80	80
D		80	90
E		85	90
F		80	80
G	Lamina abgetr.	—	—
H		—	—
I		20	20
K		20	20
L		10	10
M		10	10

48. Objekt: Blattstiele von Sagittaria sagittifolia.
Abgetrennt: Lamina.
Zeit der Abtrennung: 27. Juni 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 27. Juni 10 Uhr.

27. Juni 10 Uhr horizontal		27. Juni 11 Uhr	27. Juni 4 Uhr
A	normal	—	90
B		10	90
C	Lamina abgetr.	10	90
D		—	90
E		10	90
F		—	90

49. Objekt: Blütenstiel von Tulipa silvestris.
Abgetrennt: Blüte.
Zeit der Abtrennung: 5. Mai 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 5. Mai 12 Uhr.

5. Mai 12 Uhr horizontal		5. Mai 4 Uhr	6. Mai 9 Uhr
A	normal	20	80
B		20	80
C	Blüte abgetr.	75	85
D		50	80
E		50	65

50. Objekt: Blütenstiel von Tulipa Gesneriana.
Abgetrennt: Blüte.
Zeit d. Abtrennung 10. Mai 9 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 10. Mai 9 Uhr.

10. Mai 9 Uhr horizontal		10. Mai 4 Uhr	11. Mai 10 Uhr	12. Mai 9,30 Uhr
A	normal	60	75	75
B		—	50	80
C	Blüte abgetr.	75	80	90
D		50	100	90
E		70	90	90

51. Objekt: Blütenstiel von Tulipa Gesneriana.
Abgetrennt: Blüte; Gewicht der Blüte ersetzt.
Zeit d. Abtrg.: 11. Mai 11,45 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 11. Mai 11,45 Uhr.

11. Mai 11,45 Uhr horizontal		11. Mai 4 Uhr	12. Mai 9,30 Uhr
A	normal	—	60
B	normal	—	55
C	Blüte abgetrennt. Gewicht ersetzt	—	105
D	Blüte abgetrennt. Gewicht ersetzt	30	90
E	Blüte abgetrennt. Gewicht ersetzt	—	65
F	Blüte abgetrennt. Gewicht ersetzt	—	60

52. Objekt: Blütenstiel von Saxifraga decipiens.
Abgetrennt: Blüte.
Zeit d. Abtrennung: 8. Mai 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 8. Mai 10 Uhr.

8. Mai 10 Uhr horizontal		8. Mai 5 Uhr	9. Mai 11 Uhr
A	normal	50	90
B	normal	75	90
C	normal	90	90
D	Blüte abgetrennt	65	65
E	Blüte abgetrennt	65	65
F	Blüte abgetrennt	60	60

53. Objekt: Blütenstiel von Clematis integrifolia.
Abgetrennt: Blüte.
Zeit der Abtrg.: 31. Mai 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 31. Mai 11 Uhr.

31. Mai 11 Uhr horizontal		2. Juni 10 Uhr	3. Juni 9,30 Uhr	5. Juni 9 Uhr
A	normal	70	80	80
B	normal	60	60	90
C	normal	65	70	70
D	Blüte entfernt	75	80	90
E	Blüte entfernt	70	80	90
F	Blüte entfernt	60	80	70

54. Objekt: Blütenstiele von Anemone umbellata.
Abgetrennt: Blüte.
Zeit der Abtrennung: 2. Juni 10,30 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 2. Juni 10,30 Uhr.

2. Juni 10,30 Uhr horizontal		2. Juni 3,30 Uhr	3. Juni 9 Uhr
A	normal	60	90
B	normal	70	90
C	normal	55	85
D	Blüte abgetrennt	60	90
E	Blüte abgetrennt	60	85
F	Blüte abgetrennt	50	90
G	Blüte abgetrennt	55	90
H	Blüte abgetrennt	60	90

55. Objekt: Blütenstiel von Eschscholtzia californica.
Abgetrennt: Blüte.
Zeit der Abtrennung: 24. Juni 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 24. Juni 10 Uhr.

24. Juni 10 Uhr		24. Juni 11 Uhr	25. Juni 11 Uhr	26. Juni 9 Uhr	27. Juni 9 Uhr
A	normal	55	75	90	90
B	normal	25	55	70	85
C	Blüte entfernt	20	80	90	90
D	Blüte entfernt	60	80	90	90
E	Blüte entfernt	45	75	85	85

56. Objekt: Blütenstandsachse von Centaurea montana. Abgetrennt: Blüte. Zeit der Abtrennung: 10. Mai 10 Uhr. Reizlage: horizontal. Zeit d. Horizontallegung: 10. Mai 10 Uhr.		10. Mai 10 Uhr horizontal	10. Mai 4 Uhr	11. Mai 10 Uhr	11. Mai 4,30 Uhr
	A	normal	40	90	90
	B	normal	20	70	80
	C	Blüte abgetr.	45	90	90
	D	Blüte abgetr.	25	90	90
	E	Blüte abgetr.	35	80	90

57. Objekt: Blütenstandsachse v. Muscari racemosum. Abgetrennt: Blüten. Zeit der Abtrenng.: 2. Mai 8,30 Uhr. Reizlage: horizontal. Zeit der Horizontallegung: 3. Mai 8,30 Uhr.		3. Mai 8,30 Uhr horizontal	3. Mai 5 Uhr	4. Mai 8,30 Uhr	4. Mai 4 Uhr	5. Mai 9 Uhr
	A	normal	40	90	90	90
	B	normal	50	90	90	90
	C	normal	50	90	90	90
	D	Blüten abgetr.	10	50	65	90
	E	Blüten abgetr.	15	40	45	85
	F	Blüten abgetr.	15	45	55	90
	G	Blüten abgetr.	15	50	60	90
	H	Blüten abgetr.	20	50	65	90
	I	Blüten abgetr.	10	45	60	85

58. Objekt: Blütenstandsachse von Muscari racemosum. Abgetrennt: Blüten. Zeit der Abtrennung: 6. Mai 9 Uhr. Reizlage: horizontal. Zeit d. Horizontallegung: 12. Mai 9,30 Uhr.		12. Mai 9,30 Uhr horizontal	12. Mai 4,15 Uhr	13. Mai 10 Uhr	15. Mai 9 Uhr
	A	normal	0	60	95
	B	normal	15	65	90
	C	Blüten entfernt	0	30	90
	D	Blüten entfernt	0	55	100
	E	Blüten entfernt	30	70	90

59. Objekt: Blütenstandsachse von Primula Sieboldii. Abgetrennt: Blüten. Zeit der Abtrennung: 3. Mai 11 Uhr. Reizlage: horizontal. Zeit d. Horizontallegung: 3. Mai 11 Uhr.		3. Mai 11 Uhr horizontal	3. Mai 5 Uhr	4. Mai 8,30 Uhr	4. Mai 12 Uhr
	A	normal	120	95	90
	B	normal	120	95	90
	C	normal	110	100	90
	D	normal	90	105	90
	E	normal	105	100	90
	F	Blüten abgetr.	30	30	75
	G	Blüten abgetr.	70	80	85
	H	Blüten abgetr.	30	85	90
	I	Blüten abgetr.	70	85	90
	K	Blüten abgetr.	35	90	90
	L	Blüten abgetr.	30	80	90

60. Objekt: Blütenstandsachse von Ornithogalum nutans.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit d. Abtrennung: 5. Mai 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 5. Mai 12 Uhr.

	5. Mai 12 Uhr horizontal	4. Mai 4 Uhr	6. Mai 9 Uhr
A	normal	60	80
B	normal	45	80
C	Blülen abgetr.	70	110
D	Blülen abgetr.	45	90
E	Blülen abgetr.	45	90

61. Objekt: Blütenstandsachse von Scilla cernua.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit d. Abtreng.: 16. Mai 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 16. Mai 10 Uhr.

	16. Mai 10 Uhr horizontal	16. Mai 4,45 Uhr	17. Mai 9,40 Uhr
A	normal	25	—
B	normal	70	70
C	normal	25	60
D	Blüten abgetr.	45	90
E	Blüten abgetr.	15	50
F	Blüten abgetr.	30	75

62. Objekt: Blütenstandsachse von Valeriana alliariaefolia.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit d. Abtrennung: 19. Mai 9 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit d. Horizontallegung: 19. Mai 9 Uhr.

	19. Mai 9 Uhr horizontal	19. Mai 10,30 Uhr	20. Mai 9 Uhr
A 1	normal	15	60
B 1	normal	20	80
C 1	normal	30	80
A 2	Blüten entfernt	30	70
B 2	Blüten entfernt	25	85
C 2	Blüten entfernt	30	80

A 1 und A 2, B 1 und B 2, C 1 und C 2 bilden je ein Paar in gleicher Höhe entspringender Blütenstandsachsen, die in einer Ebene liegen.

63. Objekt: Blütenstandsachse v. Amsonia salicifolia.
Abgetr.: Blüten.
Zeit d. Abtrng.: 26. Mai 12 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 26. Mai 12 Uhr.

	26. Mai 12 Uhr horizontal	26. Mai 3 Uhr	27. Mai 9 Uhr	29. Mai 9,30 Uhr	30. Mai 9 Uhr	30. Mai 5 Uhr
A	normal	30	65	65	70	80
B	normal	35	70	70	70	90
C	normal	30	70	70	70	80
D	Blüten entfernt	10	80	80	80	80
E	Blüten entfernt	20	70	70	80	80
F	Blüten entfernt	14	70	70	80	80

64. Objekt: Blütenstandsachse von Armeria vulgaris.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit der Abtrennung: 26. Mai 9 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 26. Mai 9 Uhr.

26. Mai 9 Uhr horizontal		26. Mai 12 Uhr	26. Mai 3 Uhr	27. Mai 9 Uhr	29. Mai 9,30 U.
A	normal	—	40	60	90
B	normal	—	40	70	90
C	normal	10	45	65	85
D	normal	—	40	65	90
E	Blüten ab-getrennt	30	45	60	65
F	Blüten ab-getrennt	30	50	60	80
G	Blüten ab-getrennt	30	50	65	70
H	Blüten ab-getrennt	30	45	65	70

65. Objekt: Blütenstandsachse von Tellima grandiflora.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit d. Abtrennung: 29. Mai 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 29. Mai 11 Uhr.

29. Mai 11 Uhr horizontal		29. Mai 4 Uhr	30. Mai 8 Uhr
A	normal	110	90
B	normal	85	90
C	Blüten ab-getrennt	100	90
D	Blüten ab-getrennt	85	90
E	Blüten ab-getrennt	75	90

66. Objekt: Blütenstandsachse v. Tolmiea Menziesii.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit der Abtrennung: 29. Mai 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 29. Mai 11 Uhr.

29. Mai 11 Uhr horizontal		29. Mai 4 Uhr	30. Mai 11 Uhr	2. Juni 10 Uhr
A	normal	60	70	90
B	normal	80	85	90
C	normal	90	90	90
D	Blüten entfernt	55	70	70
E	Blüten entfernt	90	85	80
F	Blüten entfernt	60	75	90

67. Objekt: Blütenstandsachse v. Brodiaea congesta.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit der Abtrennung: 31. Mai 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 31. Mai 10 Uhr.

31. Mai 10 Uhr horizontal		31. Mai 11½ Uhr	31. Mai 3 Uhr	2. Juni 10 Uhr
A	normal	115	100	90
B	normal	135	90	90
C	Blüten entfernt	105	100	90
D	Blüten entfernt	130	90	90
E	Blüten entfernt	100	90	90

68. Objekt: Blütenstandsachse v. Hyacinthus amethystinus.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit d. Abtrennung: 31. Mai 10 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit d. Horizontalleg.: 31. Mai 10 Uhr.

31. Mai 10 Uhr horizontal		31. Mai 11,30 Uhr	31. Mai 3 Uhr	2. Juni 10 Uhr	3. Juni 9,30 Uhr
A	normal	75	90	90	90
B	normal	60	90	90	90
C	Blüten entfernt	75	120	130	130
D	Blüten entfernt	35	90	100	95
E	Blüten entfernt	70	110	135	135
F	Blüten entfernt	70	105	125	95

69. Objekt: Blütenstandsachse von Antirrhinum majus.
Abgetrennt: Blüten.
Zeit der Abtrennung: 24. Juni 11 Uhr.
Reizlage: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 24. Juni 11 Uhr.

24. Juni 11 Uhr horizontal		25. Juni 11 Uhr	26. Juni 9 Uhr	27. Juni 9 Uhr
A	normal	10	10	60
B	normal	95	90	90
C	Blüten entfernt	90	90	90
D	Blüten entfernt	65	90	90
E	Blüten entfernt	30	50	80

70. Objekt: Blütenstandsachse von Digitalis purpurea.
Abgetrennt Blüten.
Zeit der Abtrennung: 4. Juni 10 Uhr.
Stellung: horizontal.
Zeit der Horizontallegung: 4. Juni 10 Uhr.

Zeit der Ablesung		5. Juni 9 Uhr	6. Juni 11 Uhr
A	normal	85	90
B	normal	95	90
C	Blüten entfernt	90	90
D	Blüten entfernt	90	90
E	Blüten entfernt	90	90

Lebenslauf.

Der Verfasser, Johann Friedrich Kaiser, evang.-lutherischer Konfession, wurde am 10. Juli 1881 in Jocketa i. V. geboren. Er besuchte zunächst die Volksschule in Pöhl i. V. und von Ostern 1892 ab das königliche Gymnasium zu Plauen i. V., welches er Ostern 1901 mit dem Reifezeugnis verließ. Vom 1. April 1901 bis 31. März 1902 genügte er seiner Militärdienstpflicht. Hierauf studierte er in Leipzig Naturwissenschaften. Er besuchte die Vorlesungen und Praktika der Herren Professoren: Pfeffer, Chun, Wiener, Wagner; ferner Vorlesungen der Herren Professoren: Wislicenus, Beckmann, Hautzsch, Zirkel, Marshall, Simroth, Correns, Fischer, zur Straßen, Woltereck, Heinze, Wundt, Volkelt, Hofmann, sowie der Herren Doktoren Miehe und Reinisch.